

Milieueffectenrapport - Offshore North Sea Power windpark

Norther NV

Projectnummer 10296 | versie A | 06-05-2011



Opdrachtgever

Norther NV
Rue de la Place 41
5031 Grand-Leez
De heer Tom De Clerck
+32 9 220 89 09
<http://www.airenergy.be>

Projectomschrijving

Milieueffectenrapport - Offshore North Sea Power windpark

Opdrachtnemer

ARCADIS Belgium nv
Maatschappelijke zetel
Koningsstraat 80
B-1000 Brussel

Postadres
Kortrijksesteenweg 302
B-9000 Gent

Contactpersoon

Annemie Volckaert
Telefoon +32 9 24 17 731
Telefax +32 9 24 24 445
E-mail a.volckaert@arcadisbelgium.be
Website www.arcadisbelgium.be

Revisie			
Versie	Datum	Opmerking	
A	06/05/2011	-	
Opgesteld			
Afdeling/discipline	Naam	Handtekening	Datum
Milieu / SAO	Lic. Annemie Volckaert		
Milieu / SAO	Lic. Riet Durinck		
Milieu / SAO	Lic. Mieke Deconinck		
Milieu / SAO	Lic. Dirk Libbrecht		
Milieu / SAO	Ir. Karen Callebaut		
Milieu / SAB	Ing. Ann Himpens		
Milieu / SAB	Ir. Kathleen Nysten		
Geverifieerd			
Afdeling/discipline	Naam	Handtekening	Datum
Milieu / Directieteam	Dr. ir. Paul Vanhaecke		

Inhoudsopgave

WOORD VOORAF	XIX
LEESWIJZER	XXI
LIJST MET AFKORTINGEN	XXIII
LIJST MET VERKLARENDE WOORDEN.....	XXVII
NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING	XXXI
1 VOORSTELLING VAN HET PROJECT.....	1
1.1 INLEIDING	1
1.1.1 Beknopte voorstelling van het project.....	1
1.1.2 Toetsing aan de MER-plicht	3
1.1.3 De initiatiefnemer en het team van deskundigen	4
1.1.4 Procedure verloop.....	5
1.2 SITUERING EN JUSTIFICATIE VAN HET PROJECT	5
1.2.1 Doelstellingen van de initiatiefnemer	5
1.2.2 Motivatie van de locatiekeuze.....	6
1.2.3 Ruimtelijk situeren van het project.....	7
1.2.4 Monitoring van offshore windparken.....	7
1.3 JURIDISCHE EN BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN.....	8
1.3.1 Juridische randvoorwaarden.....	8
1.3.2 Beleidsmatige randvoorwaarden	16
2 PROJECTBESCHRIJVING.....	21
2.1 ALGEMENE BESCHRIJVING VAN DE ACTIVITEIT	21
2.2 INPLANTING	22
2.3 ALTERNATIEVE CONFIGURATIES NORTH SEA POWER	23
2.4 BESCHRIJVING VAN DE TECHNOLOGIE	24
2.4.1 Windturbines	26
2.4.2 Funderingen.....	34
2.4.3 Erosiebescherming	37
2.4.4 Windmeetmast of meteomast	37
2.4.5 Offshore hoogspanningsstation (OHVS of transformatorplatform).....	38
2.4.6 Bekabeling	38
2.5 FASERING VAN HET PROJECT	41
2.6 BESCHRIJVING VAN DE VERSCHILLENDE ACTIVITEITEN EN UITVOERINGSWIJZEN	41
2.6.1 Constructiefase	41
2.6.2 Exploitatiefase.....	55
2.6.3 Ontmantelingsfase	57
3 ALTERNATIEVEN.....	61
3.1 NAAR LOCATIE.....	61
3.2 NAAR WIJZE VAN UITVOERING	61
3.2.1 Type van de turbine	61
3.2.2 Type van fundering	61
3.2.3 Het ingezette materieel	63
3.3 NAAR CONFIGURATIE.....	64
3.4 NAAR KABELTRACÉ EN SPANNINGSNIVEAU VAN DE KABEL	65

4	BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE MILIEUEFFECTEN PER DISCIPLINE	67
4.1	BODEM	69
4.1.1	Referentiesituatie	69
4.1.2	Autonome ontwikkeling	76
4.1.3	Effecten	77
4.1.4	Leemten in de kennis	89
4.1.5	Mitigerende maatregelen	89
4.1.6	Monitoring	89
4.2	WATER	91
4.2.1	Referentiesituatie	91
4.2.2	Autonome ontwikkeling	96
4.2.3	Effecten	97
4.2.4	Leemten in de kennis	103
4.2.5	Mitigerende maatregelen	103
4.2.6	Monitoring	103
4.3	KLIMATOLOGISCHE FACTOREN	105
4.3.1	Methodologie	105
4.3.2	Referentiesituatie	105
4.3.3	Autonome ontwikkeling	111
4.3.4	Effecten	112
4.3.5	Leemten in de kennis	116
4.3.6	Mitigerende maatregelen en compensaties	116
4.3.7	Monitoring	116
4.4	ATMOSFEER	117
4.4.1	Methodologie	117
4.4.2	Referentiesituatie	117
4.4.3	Autonome ontwikkeling	119
4.4.4	Effecten	120
4.4.5	Leemten in de kennis	125
4.4.6	Mitigerende maatregelen en compensaties	125
4.4.7	Monitoring	125
4.5	GELUID & TRILLINGEN	127
4.5.1	Methodologie	127
4.5.2	Referentiesituatie	128
4.5.3	Autonome ontwikkeling	133
4.5.4	Effecten	133
4.5.5	Leemten in de kennis	155
4.5.6	Mitigerende maatregelen	156
4.5.7	Monitoring	156
4.6	FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT	157
4.6.1	Macrobenthos van zachte substraten	157
4.6.2	Epibenthos en visgemeenschappen van zachte substraten	175
4.6.3	Epifauna en visgemeenschappen van harde substraten	201
4.6.4	Avifauna	213
4.6.5	Zeezoogdieren	240
4.6.6	Passende beoordeling	262
4.7	ZEEZICHT & CULTUREEL ERFGOED	273
4.7.1	Methodologie	273
4.7.2	Referentiesituatie	273

4.7.3	Autonome ontwikkeling	276
4.7.4	Effecten	277
4.7.5	Leemten in de kennis	285
4.7.6	Mitigerende maatregelen en compensaties	285
4.7.7	Monitoring	286
4.8	DE MENS	287
4.8.1	Inleiding	287
4.8.2	Visserij	287
4.8.3	Maricultuur	296
4.8.4	Scheepvaart	297
4.8.5	Zand en grindontginning	297
4.8.6	Andere windparken	299
4.8.7	Militaire activiteiten	300
4.8.8	Kabels en pijpleidingen	301
4.8.9	Biodiversiteit en natuurgebieden	303
4.8.10	Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op de mens	304
4.9	VEILIGHEIDSASPECTEN	307
4.9.1	Installaties	307
4.9.2	Scheepvaart	311
4.9.3	Radar en scheepscommunicatie	312
4.9.4	Luchtvaartverkeer	317
5	CUMULATIEVE EFFECTEN	321
5.1	INLEIDING	321
5.2	CUMULATIEVE EFFECTEN	323
5.3	BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN PER DISCIPLINE	324
5.3.1	Bodem	324
5.3.2	Water	327
5.3.3	Klimatologische factoren en atmosfeer	329
5.3.4	Geluid en trillingen	330
5.3.5	Fauna, flora & biodiversiteit	332
5.3.6	Zeezicht & Cultureel erfgoed	346
5.3.7	Mens	348
5.3.8	Veiligheidsaspecten – Scheepvaart	351
5.3.9	Veiligheidsaspecten – Radar en scheepscommunicatie	373
5.4	LEEMTEN IN DE KENNIS	377
5.5	MITIGERENDE MAATREGELEN	378
5.5.1	Fauna, flora & biodiversiteit	378
5.5.2	Veiligheidsaspecten	379
5.6	MONITORING	380
6	GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN IN HET KADER VAN HET ESPOO-VERDRAG	381
6.1	ALGEMEEN	381
6.2	EFFECTEN	381
7	SYNTHESE EN CONCLUSIES	383
7.1	INGREEP-EFFECTRELATIES	383
7.2	NORTH SEA POWER WINDPARK	384
7.3	CUMULATIEVE EFFECTEN	387
7.4	CONCLUSIES	390

8	REFERENTIES.....	401
BIJLAGEN	417
KAARTEN	419

Lijst der figuren

Figuur 1.1.1: Ligging concessiegebied North Sea Power	2
Figuur 1.1.2: Concessiegebied North Sea Power	2
Figuur 2.4.1: Illustratie monopile fundering (bron: Garrad Hassan & Partners Ltd).....	35
Figuur 2.4.2: Illustratie jacket fundering (bron: Garrad Hassan & Partners Ltd).....	36
Figuur 2.4.3: Illustratie gravitaire fundering (bron: Garrad Hassan & Partners Ltd).....	37
Figuur 2.4.4: Driefasige XLPE kabel met geïntegreerde optische vezel (bron: Nexans).....	39
Figuur 2.6.1: Illustratie van transistiek met concentrische connectie met shear keys	46
Figuur 2.6.2: Illustratie van transistiek met conische vorm van zowel monopile als transitiestuk zonder shear keys.....	47
Figuur 4.1.1 : Ontstaan van een getijdenzandbank (Pannekoek & van Straaten, 1984).....	70
Figuur 4.2.1 : Ligging van concessiegebied en punten (1-6) met gekende stroomsnelheden (bron: BMM-gridbestand 2007).....	92
Figuur 4.2.2 : Frequentiedistributie van stroomsnelheden t.h.v. het North Sea Power concessiegebied – punten 4-5-6 (bron: BMM-gridbestand meteo-snelheid)	93
Figuur 4.2.3 : Frequentiedistributie van stroomsnelheden t.h.v. het North Sea Power concessiegebied – punten 2-3-4 (bron: BMM-gridbestand meteo-snelheid)	93
Figuur 4.2.4 : Frequentiedistributie van richtingen waaruit de stroming komt t.h.v. het North Sea Power concessiegebied	94
Figuur 4.3.1: Gemiddelde temperatuur in Ukkel (België) voor de periode 1971-2000.....	105
Figuur 4.3.2: Gemiddelde neerslag in Ukkel (België) voor de periode 1971-2000	106
Figuur 4.3.3: Situering van de meetpalen (MER offshore windpark Thorntonbank)	107
Figuur 4.3.4: Links: Windroos met de gemiddelde frequentie van voorkomen van de windrichting (in %) in het meteostation van Cadzand, voor de periode maart 1991 tot mei 1998; Rechts: Windroos met de gemiddelde frequentie van voorkomen van de windrichting (in %) voor MOW7, Westhinder, op 33 km van de kust, voor de periode maart 1994 tot september 2001 (Bron: 3E).....	108
Figuur 4.3.5: Windroos van de Nederlandse observatiepost op de Vlake van de Raan, 16 km van de kust, voor de periode november 1988-mei 1998 (Bron: 3E).....	108
Figuur 4.3.6: Frequentiedistributie van de windsnelheid voor MOW 7 (Bron: 3E)	109
Figuur 4.3.7: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid gemeten in het meteostation in Cadzand	110
Figuur 4.3.8: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid gemeten op Westhinder (MOW7).....	111
Figuur 4.3.9: Effect van een 10 MW windturbine op de lokale windsnelheid achter de windturbine	113
Figuur 4.3.10: Cumulatief effect van verschillende windturbines op één rij achter elkaar (met een windrichting parallel aan de windturbines).....	114
Figuur 4.5.1 : Natuurlijke en menselijke geluidsbronnen van het omgevingsgeluid onder water	130
Figuur 4.5.2 : Onderwatergeluidsniveau opgemeten tijdens heilactiviteit Duitsland (Thomson <i>et al.</i> , 2006)	135

Figuur 4.5.3 : Het specifieke geluid onder water van twee windturbines op twee verschillende afstanden .	140
Figuur 4.5.4 : Transmissieverlies berekend met 3 verschillende modellen: volgens Thiele, volgens een cilindrische spreiding en volgens een sferische spreiding)	145
Figuur 4.5.5 : Zone, waarin het geluid propageert, die ontstaat door enerzijds de windgradiënt en anderzijds het akoestisch harde zeeoppervlak	147
Figuur 4.5.6 : Spectra van het golfgeluid en van het windturbinegeluid voor de 3 configuratiealternatieven in de meest kritische situatie, ter hoogte van de waarnemer	150
Figuur 4.6.1: Positie van de stations op de Thorntonbank (WTA = westelijke concessiegebied, WTB = oostelijke concessiegebied; WTC = randzones; WTR: referentiegebied) en de Goote Bank (WGR = referentiegebied) (De Maerschalck <i>et al.</i> , 2006)	158
Figuur 4.6.2 : Foto's van de meest dominante soort binnen de macrobenthische gemeenschappen op het BDNZ (Degraer <i>et al.</i> , 2009)	161
Figuur 4.6.3: Positie van de visslepen (epibenthos en demersale vissen) op de Thorntonbank (WCZ = westelijke concessiegebied, ECZ = oostelijke concessiegebied), de aanpalende geulen en de referentiegebieden (WTR: Thorntonbank ; GRZ : Goote Bank) (Vandendriessche <i>et al.</i> , 2009)	176
Figuur 4.6.4: Ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit in 2005 voor het epibenthos (blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden). De grootte van de bollen varieert tussen 2 en 1600 ind/1000m ² . (De Maerschalck <i>et al.</i> , 2006)	177
Figuur 4.6.5: Ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde soortenrijkdom in 2005 voor het epibenthos (blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden). De grootte van de bollen varieert tussen 8 en 22 soorten per vissleep (De Maerschalck <i>et al.</i> , 2006)	178
Figuur 4.6.6: Ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit in 2005 voor de demersale visfauna (blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden). De grootte van de bollen varieert tussen 4 en 184 ind/1000m ² . (De Maerschalck <i>et al.</i> , 2006)	179
Figuur 4.6.7: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde soortenrijkdom in 2005 voor de demersale visfauna (blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden). De grootte van de bollen varieert tussen 9 en 24 soorten per vissleep). (De Maerschalck <i>et al.</i> , 2006)	179
Figuur 4.6.8: Densiteiten van het epibenthos per taxonomische groep voor alle staalnamelocaties op de Thorntonbank, lente (boven) en herfst (beneden) 2005 & 2008 (Vandendriessche <i>et al.</i> , 2009)	182
Figuur 4.6.9: Densiteiten van de demersale visfauna per taxonomische groep voor alle staalnamelocaties op de Thorntonbank, lente (boven) en herfst (beneden) 2005 & 2008 (Vandendriessche <i>et al.</i> , 2009)	184
Figuur 4.6.10: Audiogram van zalm, kabeljauw, haring en schar (Thomsen <i>et al.</i> , 2006)	188
Figuur 4.6.11: Operationeel geluid windpark, omgevingsgeluid en audiogram van zalm, kabeljauw, haring en schar (Thomsen <i>et al.</i> , 2006)	192
Figuur 4.6.12: Soortenrijkdom en diversiteit van de epifauna van de intertidale, transitie en subtidale zone (Kerckhof <i>et al.</i> , 2009)	204
Figuur 4.6.13 : Monitoring route periode 2005-2007 (rood: route Goote Bank-Thorntonbank) en maandelijkse monitoringsroute 2008-2009 (groen: route Goote Bank-Thorntonbank) (Vanermen <i>et al.</i> , 2010)	214

Figuur 4.6.14 : Grid van 2x2 km voor de bepaling van de zeevogel densiteit in de impact zone van het windpark op de Thorntonbank (C-Power) en het Belgische deel van de Noordzee (Vanermen & Stienen, 2009).....	214
Figuur 4.6.15 : Winter distributie van Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km ²)	218
Figuur 4.6.16 : Lente distributie van Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km ²)	218
Figuur 4.6.17 : Herfst distributie van Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km ²)	219
Figuur 4.6.18 : Verdeling van Grote stern tijdens migratie in de lente (maart-april)	220
Figuur 4.6.19 : Verdeling van Grote stern tijdens broedseizoen (mei-juni)	220
Figuur 4.6.20: Verdeling van Grote stern tijdens de zomer (juli-augustus)	221
Figuur 4.6.21 : Verdeling van Visdief gedurende migratie in de lente (maart-april)	222
Figuur 4.6.22 : Verdeling van Visdief gedurende broedseizoen (mei-juni)	222
Figuur 4.6.23 : Verdeling van Visdief gedurende de zomerperiode (juli-augustus)	223
Figuur 4.6.24 : Locaties voor flux tellingen (Vanermen & Stienen, 2009)	228
Figuur 4.6.25 : Frequentie distributies van de vlieghoogte van Jan-van-Gent (Northern gannet), Stormmeeuw (Common gull), Kleine mantelmeeuw (Lesser black-backed gull), Zilvermeeuw (Herring gull), Grote mantelmeeuw (Great black-backed gull) en Drieteenmeeuw (Black legged kittiwake) (Vanermen & Stienen, 2009).....	234
Figuur 4.6.26: Aantal gestrande bruinvissen in België tussen 1970 en 2009 (Haelters <i>et al.</i> , 2010)	243
Figuur 4.6.27: Jaarlijks aantal ad hoc waarnemingen van bruinvissen, aan de BMM gerapporteerde door het publiek of door diensten actief op zee in Belgische wateren (Haelters & Camphuysen, 2009).....	244
Figuur 4.6.28: Maandelijks aantal ad hoc waarnemingen van bruinvissen, aan de BMM gerapporteerd door het publiek of door diensten actief op zee in Belgische wateren (Haelters & Camphuysen, 2009).....	245
Figuur 4.6.29: Totaal aantal gestrande bruinvissen per maand gedurende verscheidene periodes tussen 1970 en 2008 (Haelters, 2009).....	245
Figuur 4.6.30: Invloedszones rond een geluidsbron voor zeezoogdieren (Verboom & Kastelein, 2005). Zone of audibility: zone waarbinnen het geluid hoorbaar is voor zeezoogdieren; Zone of responsiveness: zone waarbinnen zeezoogdieren gedragsveranderingen vertonen; Discomfort threshold: overschrijding van deze geluidsdrempel veroorzaakt vermijdings- en afschrikreacties; Zone of severe disturbance: zone waarbinnen ernstige verstoring (sterke vermijdingsreacties) van zeezoogdieren optreedt; Zone of hearing injury: zone waarbinnen gehoorschade optreedt.	250
Figuur 4.7.1: Locaties aan de kust van waaruit foto's werden genomen voor visualisaties van het North Sea Power windpark	279
Figuur 4.8.1: Top-10 van aangelande soorten in 2008 & 2009 (Tessens & Velghe, 2010)	290
Figuur 4.8.2: Evolutie jaarlijkse omzet Belgische visserij (Tessens & Velghe, 2010)	291

Figuur 4.9.1: Ligging van de radars van de Schelderadarketen en van het North Sea Power windpark (Catrysse, 2011)	314
Figuur 4.9.2: Overzicht van het bereik van de radars van de Schelderadarketen (Catrysse, 2011)	314
Figuur 4.9.3: Navigatiekaart met scheidingslijnen van het beheer voor de luchtvaart (vertrek)	318
Figuur 4.9.4: Navigatiekaart met scheidingslijnen van het beheer voor de luchtvaart (aankomst)	318
Figuur 5.3.1: Scheepvaartverkeer van 1 week in juli 2008. Schepen zijn geplot om de 10 minuten. Zwart puntje bij koers tussen 0° en 180°, bruin puntje bij koers van 180° tot 360°. De windturbines van het nog niet aanwezige North Sea Power windpark zijn ingetekend (MARIN, 2011)	353
Figuur 5.3.2: Aantal olieverontreinigingen groter dan 700 ton (ITOPF, 2010)	355
Figuur 5.3.3: Mogelijke oorzaken of verontreiniging door tankers (1970-2009) (ITOPF, 2010)	355
Figuur 5.3.4: Verkeersbeeld in de huidige situatie, bij aanwezigheid van windparken Belwind, Eldepasco en C-Power (afgebeeld van noordwest naar zuidoost) (MARIN, 2011)	357
Figuur 5.3.5: Verkeerssituatie bij scenario 1 bij aanwezigheid van (van noordwest naar zuidoost) Belwind, Eldepasco, C-Power en North Sea Power, inclusief 1 nm rond de windparken (MARIN, 2011)	358
Figuur 5.3.6: Verkeerssituatie bij scenario 2 bij aanwezigheid van (van noordwest naar zuidoost) Belwind, SEASTAR, Eldepasco, RENTEL, C-Power en North Sea Power, inclusief 1 nm rond de windparken (MARIN, 2011)	358
Figuur 5.3.7: Schematische weergave van de mogelijke gebieden met dode zones (Catrysse, 2011)	375

Lijst der kaarten

Kaart 1.1.1: Windpark North Sea Power – Configuratie 1: rotordiameter 120 m	3
Kaart 1.1.2: Windpark North Sea Power – Configuratie 2: rotordiameter 130 m	3
Kaart 1.1.3: Windpark North Sea Power – Configuratie 3: rotordiameter 150 m	3
Kaart 1.3.1: Natuurbeschermingszones in de Belgische mariene wateren	9
Kaart 2.4.1: Alternatieven naar tracé van de exportkabel(s)	40
Kaart 4.1.0: Ligging van de reeds geplaatste windturbines van C-Power en Belwind	67
Kaart 4.1.1 : Overzichtkaart Vlaamse Banken, Kustbanken, Zeelandbanken en Hinderbanken	71
Kaart 4.1.2: Multibeam data – Bathymetrie data North Sea Power concessiezone (G-tech, 2010)	71
Kaart 4.1.3: Multibeam data – Pseudo 3D images (G-tech, 2010)	71
Kaart 4.1.4: Afgedekt patroon van de paleogene offshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriët, 1995)	73
Kaart 4.1.5: Afgedekt patroon van de paleogene offshore en onshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriët, 1995)	73
Kaart 4.1.6: Ligging 3 reflectie-seismische profielen (800 Hz sparker – zomer 2010) in concessiegebied (G-tech, 2010)	73
Kaart 4.1.7: Seismisch profiel -3500cross (G-tech, 2010)	73

Kaart 4.1.8: Seismisch profiel +4500cross (G-tech, 2010).....	73
Kaart 4.1.9: Seismisch profiel -2250long (G-tech, 2010)	73
Kaart 4.1.10: Isopachen (lijnen gelijke dikte) van het Quartair dek ter hoogte van de Rabsbank (G-tech, 2010).....	74
Kaart 4.1.11 : BS-kaart Thorntonbank met sedimentprognoses (Degrendele <i>et al.</i> , 2003).....	74
Kaart 4.5.1: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de reeds aanwezige windturbines met name de 55 turbines van Belwind (3 MW) en de 6 turbines van C-Power (5 MW) berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel	132
Kaart 4.5.2: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark met 86 windturbines van 3-3,6 MW windturbines (configuratie 1) boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel	146
Kaart 4.5.3: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark met 74 windturbines van 5-6 MW windturbines (configuratie 2) boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel	147
Kaart 4.5.4: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark met 47 windturbines van 7-10 MW windturbines (configuratie 3) boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel	147
Kaart 4.5.5: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark voor de worst case configuratie 2 (74 x 5-6 MW) wanneer de reeds bestaande situatie (55 turbines van Belwind (3 MW) en 6 turbines van C-Power (5 MW)) mee in rekening werd gebracht, boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel (het zogenaamde 'Basisscenario').....	147
Kaart 4.6.1 : Geografische verdeling van de verschillende biotopen in het Belgische deel van de Noordzee, met aanduiding van de 24 onderzochte zandbanken (Degraer <i>et al.</i> , 2009b).	160
Kaart 4.6.2: Waarderingskaart BDNZ op basis van de voorkomende marcobenthos gemeenschappen (Deraus <i>et al.</i> , 2007).....	162
Kaart 4.7.1: Ligging van scheepswrakken in het Belgische deel van de Noordzee, op basis van de inventarisatie van wrakken in het kader van het project GAUFRE (Maes <i>et al.</i> , 2005)	276
Kaart 4.8.1: Kaart van de verschillende gebruikers van het Belgische mariene wateren.....	287
Kaart 4.8.2: Kabels en pijpleidingen	301
Kaart 5.1.1: Ligging van de reeds vergunde windparken (C-Power, Belwind en Eldepasco) en van het North Sea Power windpark.....	322
Kaart 5.3.1: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de cumulatieve situatie wanneer het North Sea Power windpark (worst case configuratie 2: 74 x 5-6 MW), het 'Belwind' windpark (121 turbines van 3 MW), het 'C-Power' windpark (54 turbines van 5 à 6 MW) en het 'Eldepasco' windpark (72 turbines van 3 MW) in werking zullen zijn, boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.....	332
Kaart 6.1.1: Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het NCP (Lindeboom <i>et al.</i> , 2005).....	381
Kaart 6.1.2: Gebruikers op het NCP (www.noordzeeloket.nl).....	381

Lijst der tabellen

Tabel 2.4.1: Overzicht mogelijk aan te wenden windturbines	26
Tabel 2.6.1: Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voorbereiding bouwlocatie per configuratie ...	53
Tabel 2.6.2: Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van funderingen per configuratie	53
Tabel 2.6.3: Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van transitiestukken per configuratie	53
Tabel 2.6.4: Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van erosiebescherming per configuratie	54
Tabel 2.6.5: Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van windturbines, de offshore hoogspanningsstations en de meteomast per configuratie	54
Tabel 3.2.1: Overzicht typevoorbeelden windturbines	61
Tabel 3.3.1: Weerhouden combinaties van configuratie en type fundering	65
Tabel 4.1.1 : Geologische eenheden aanwezig in het concessiegebied (Le Bot, 2003) met waarschijnlijke seismologische interpretatie (G-tec, 2010).....	73
Tabel 4.1.2 : Maximale waarden sedimentkwaliteit (BMM, 2011) en sedimentkwaliteitscriteria (OSPAR, 1998)	75
Tabel 4.1.3 : Gegevens zandbalans en stockage-oppervlakten voor de Norther configuratiealternatieven...	79
Tabel 4.1.4 : Gegevens zandbalans en stockage-oppervlakten voor de basisscenario's	80
Tabel 4.3.1: Windsnelheid (gemiddelde van de jaargemiddelden) (Bron 3E).....	109
Tabel 4.3.2: Windsnelheid op open zee (>10 km van de kust) voor 5 standaard hoogtes (Bron: RISØ in Söker <i>et al</i> , 2000)	110
Tabel 4.4.1: Actuele luchtkwaliteit voor SO ₂ (VMM, 2009).....	117
Tabel 4.4.2: Actuele luchtkwaliteit voor NO _x (VMM, 2009).....	118
Tabel 4.4.3: Actuele luchtkwaliteit voor PM10 (VMM, 2009).....	118
Tabel 4.4.4: Actuele luchtkwaliteit voor CO op 6 locaties in Vlaanderen (VMM, 2009)	119
Tabel 4.4.5: Raming transportbewegingen tijdens constructiefase.....	121
Tabel 4.4.6: Emissiefactoren voor klassieke elektriciteitsproductie in België	122
Tabel 4.4.7: Vermeden emissies (ton/jaar) als gevolg van de werking van het windpark	122
Tabel 4.4.8: Energieconsumptie V90-3,0 MW windturbine (Vestas, 2005).....	123
Tabel 4.4.9: Atmosferische emissies per geproduceerde KWh (Vestas, 2005).....	123
Tabel 4.4.10: Vermeden emissies als gevolg van de werking van het windpark.....	124
Tabel 4.5.1: Berekend specifiek geluid boven water van de reeds aanwezige windturbines, in een matig belastende situatie (volgens het overdrachtsmodel IMMI)	132

Tabel 4.5.2: Geluidniveaus onder water van heilactiviteiten op verschillende locaties uit verschillende literatuurstudies	134
Tabel 4.5.3: Berekend geluidsniveau op verschillende afstanden met attenuatieformule volgens Nedwell <i>et al.</i> (2007) en Norro <i>et al.</i> (2010)	137
Tabel 4.5.4: Het geluidsspectrum en het geluidsvermoggenniveau LW van de 3 typevoorbeelden	143
Tabel 4.5.5: Vermogen van een stil type transformator	144
Tabel 4.5.6: Berekend specifiek geluid boven water van een windpark met 3 MW tot 10 MW turbines, in een matig belastende situatie (volgens het overdrachtsmodel IMMI)	146
Tabel 4.5.7: Berekend specifieke geluid van het windpark boven water, in de meest kritische situatie	148
Tabel 4.5.8: Vergelijking van het geluidsniveau ter hoogte van de woningen met de referentiesituaties met een windpark met 3-10 MW turbines	151
Tabel 4.5.9: Maximale sterkte magnetisch veld en (geïnduceerd) elektrisch veld op 1 meter van de kabel (Ecofys, 2006)	154
Tabel 4.6.1 : Aantal stations per staalname locatie tijdens de 2005 en 2008 campagnes	158
Tabel 4.6.2: Biotoopverstoring – North Sea Power	165
Tabel 4.6.3: Biotoopverstoring – Basisscenario (op basis van 2 configuraties North Sea)	166
Tabel 4.6.4: Biomassaverlies – North Sea Power	167
Tabel 4.6.5: Biomassaverlies – Basisscenario (op basis van 2 configuraties North Sea)	168
Tabel 4.6.6 : Aantal visslepen per staalnamelocatie tijdens de 2005 en 2008 campagnes (Vandendriessche <i>et al.</i> , 2009)	175
Tabel 4.6.7 : Overzicht van de gemiddelde densiteit van het epibenthos per taxonomische groep op de Thorntonbank (Vandendriessche <i>et al.</i> , 2009)	181
Tabel 4.6.8: Overzicht van de gemiddelde densiteit van de demersale visfauna per taxonomische groep op de Thorntonbank (Vandendriessche <i>et al.</i> , 2009)	183
Tabel 4.6.9 : Ranges (90 dB _{nt}) waarbij bepaalde organismen vermijdingsgedrag vertonen ten gevolge van heilactiviteiten (naar Nedwell <i>et al.</i> , 2003)	189
Tabel 4.6.10: Oppervlakte hard substraat (HS) per funderingstype – North Sea Power	206
4.6.11: Beschikbaar hard substraat voor kolonisatie - North Sea Power	206
4.6.12: Beschikbaar hard substraat voor kolonisatie – Basisscenario (op basis van 2 configuraties North Sea)	207
Tabel 4.6.13 : Vergelijking van de seizoenale verdeling (aantal vogels/km ²) van zeevogels in de impactzone van het windpark van C-Power op de Thorntonbank t.o.v. het ganse Belgische deel van de Noordzee in de winter, lente, zomer en herfst	216
Tabel 4.6.14 : Procentueel aantal zeevogels dat op rotorhoogte vliegt (periode 2005-2008)	226
Tabel 4.6.15 : Verwacht aanvaringsrisico voor negen soorten(groepen) ter hoogte van de windparkzone op de Thorntonbank (Vanermen & Stienen, 2009)	229
Tabel 4.6.16 : Verwacht aantal aanvaringsslachtoffers in het toekomstig windpark op de Thorntonbank (C-Power) (Vanermen & Stienen, 2009)	230

Tabel 4.6.17: Invloedszones voor bruinvissen, bepaald aan de hand van de geschatte drempelwaarden en uitgevoerde geluidsmetingen bij diverse heiwerkzaamheden	252
Tabel 4.6.18 : Belang van de drie Belgische Vogelrichtlijngebieden op zee en het overige deel van het BDNZ voor de vogelsoorten die in aanmerking komen voor het opstellen van instandhoudingsdoelstellingen (Degraer <i>et al.</i> , 2010b).....	263
Tabel 4.7.1: Relictzones, ankerplaatsen en puntrelicten langs de kustlijn.....	275
Tabel 4.7.2: Configuratiealternatieven North Sea Power	278
Tabel 4.9.1: Scenario's en faalkansen voor risicoanalyses (Senternovem, 2005 in SGS, 2007)	308
Tabel 4.9.2: Maximale werpafstand (in m) van afbrekende bladen bij driebladige windturbines tijdens een overtoeren-situatie (kustlocatie)	309
Tabel 4.9.3: Afstand van SRK radarstations tot het middelpunt van offshore windparken (Catrysse, 2011)	313
Tabel 5.1.1 : Overzicht van de belangrijkste parameters van de 4 beschouwde windparken	322
Tabel 5.3.1 : Overzicht cumulatieve uitgravingsvolumes en stockage-oppervlaktes	324
Tabel 5.3.2: Vermeden emissies windparken (ton/jaar)	329
Tabel 5.3.3: Bijdrage van de vermeden emissies tot de reductiedoelstellingen (%).....	330
Tabel 5.3.4 : Biotoopverstoring – Cumulatief scenario (op basis van 2 configuraties Norther)	333
Tabel 5.3.5 : Introductie hard substraat – Cumulatief scenario (op basis van 2 configuraties Norther)	338
Tabel 5.3.6: Bestudeerde varianten van de risicostudie 'Veiligheid' (Marin, 2011)	352
Tabel 5.3.7: Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor het North Sea Power windpark binnen de beschouwde varianten (inclusief hoogspanningsstations en meetmasten) (MARIN, 2011)	360
Tabel 5.3.8: Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per MWh voor de beschouwde varianten (inclusief hoogspanningsstations en meetmasten) (MARIN, 2011).....	360
Tabel 5.3.9: Verwachte relatieve aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de beschouwde varianten (inclusief hoogspanningsstation en meetmasten) per windpark (MARIN, 2011).....	361
Tabel 5.3.10: Verwachte relatieve aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de beschouwde varianten (inclusief hoogspanningsstation en meetmasten) vergeleken met de overige windparken in het scenario (MARIN, 2011).....	362
Tabel 5.3.14: Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie voor het North Sea Power windpark binnen de 4 varianten (MARIN, 2011)	365
Tabel 5.3.15: Uitstroom van bunkerolie en ladingolie van het North Sea Power windpark als percentage van de totale uitstroom die als gevolg van de veronderstelde windparken in de scenario's plaatsvindt (MARIN, 2011).....	365
Tabel 5.3.16: Aandeel North Sea Power windpark in totale uitstroom van bunkerolie en ladingolie voor de beschouwde cumulatieve variant (Marin, 2011).....	366
Tabel 5.3.17: Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine (Scheepvaartverkeer 2008) (MARIN, 2011).....	366
Tabel 5.3.18: Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten	371

Tabel 5.3.19: Turbinekenmerken gebruikt bij de bepaling van de cumulatieve effecten van de (geplande) windparken op radars en scheepscommunicatie	373
Tabel 7.2.1: Overzicht van de ingreep-effect relaties voor de verschillende disciplines	385
Tabel 7.3.1: Overzicht van de cumulatieve ingreep-effect relaties voor de verschillende disciplines	388

Lijst der bijlagen

Bijlage 1.1.1: Schematisch overzicht van de procedure tot het bekomen van een vergunning/machtiging (Vigin & Di Marcantonio, 2003).....	5
Bijlage 2.3.1: Coördinaten van de hoekpunten van de concessie, mogelijke locaties van de windmeetmast, locaties van de OHVS, de turbines per configuratie en alternatieve kabeltracés	23
Bijlage 2.4.1: Brochures windturbines	27
Bijlage 2.6.1: Illustraties van de activiteiten tijdens de constructiefase.....	52
Bijlage 4.5.1: Technische eigenschappen en geluidsspectrum van een 3,6 MW windturbine.....	143
Bijlage 4.7.1: Selectie van fotosimulaties opgemaakt door Grontmij in 2009, in het kader van de monitoring van de effecten van offshore windparken op het landschap (Grontmij, 2010).....	277
Bijlage 4.7.2: Visualisaties van het basiscenario (Foto's: Grontmij; Simulaties en montage: ARCADIS Nederland).....	279
Bijlage 4.9.1: Deelstudie Radar en scheepscommunicatie – Catrysse (2011)	312
Bijlage 5.3.1: Visualisaties van het cumulatief scenario (Foto's: Grontmij; Simulaties en montage: ARCADIS Nederland).....	347
Bijlage 5.3.2: Veiligheidsstudie North Sea Power windpark (MARIN, 2011).....	351

WOORD VOORAF

Om de milieubelangen een volwaardige plaats te geven bij de vergunningverlening, dient een milieueffectenrapport (MER) te worden opgesteld. Het MER dient ter onderbouwing van de vergunningaanvraag en behandelt zowel de bouw, de exploitatie, de ontmanteling als de kabellegging van het North Sea Power windpark.

Dit milieueffectenrapport (MER) over de constructie en exploitatie van het North Sea Power windpark ten zuidoosten van de Thorntonbank door Norther nv bestaat uit verschillende onderdelen.

Een eerste deel is de niet-technische samenvatting. Dit deel kan als alleenstaand onderdeel gelezen worden door de geïnteresseerde lezer die minder boodschap heeft aan alle technische gegevens en beschrijvingen zoals deze uitgebreid in de volgende hoofdstukken en bijlagen van het MER beschreven staan.

Een tweede deel omvat de uitvoerige technische bespreking van het voorgestelde project. Dit omvat een bespreking van de projectinhoud, de gekende technieken die toegepast zullen worden, de juridische en beleidsmatige randvoorwaarden, de bespreking van de effecten op het milieu en, waar nodig, voorstellen van maatregelen die de milieu-impact kunnen verminderen of kunnen compenseren, alsook voorstellen voor de monitoring in de toekomst van mogelijke milieueffecten.

Tenslotte zijn er een aantal deelstudies uitgevoerd in het kader van deze MER die afzonderlijk toegevoegd zijn. De auteurs van deze deelstudies zijn verantwoordelijk voor de respectievelijke inhoud hiervan. In deze deelstudies wordt dieper ingegaan op bepaalde deelaspecten (veiligheid en radarinterferenties) van het MER.

LEESWIJZER

Het milieueffectenrapport (MER) voor de bouw en exploitatie van het North Sea Power windpark ten zuidoosten van de Thorntonbank bestaat uit twee onderdelen. Alle kaarten en bijlagen zitten achteraan in het rapport, ingedeeld per hoofdstuk.

Een eerste deel is de niet-technische samenvatting. Dit deel kan als een alleenstaand onderdeel gelezen worden door de geïnteresseerde lezer die minder boodschap heeft aan alle technische gegevens en beschrijvingen zoals deze uitgebreid in de volgende hoofdstukken van het MER beschreven staan.

Een tweede deel omvat per hoofdstuk de volgende elementen:

Hoofdstuk 1:

- Geeft de toetsing aan de MER-plicht, de initiatiefnemer van het project, de coördinator van het MER en de samenstelling van het team van deskundigen. Verder geeft dit hoofdstuk een situering en verantwoording van het project, en de juridische en beleidsmatige randvoorwaarden.

Hoofdstuk 2:

- Geeft een technische beschrijving van de technologie. De verschillende projectingrepen worden per fase van het project (constructie, exploitatie, ontmanteling) beschreven.

Hoofdstuk 3:

- Geeft een bespreking van de configuratie- en uitvoeringsalternatieven.

Hoofdstuk 4:

- Geeft een definitie van wat er verstaan wordt onder referentiesituatie en geplande situatie. Verder worden in dit hoofdstuk per discipline een uitgebreide beschrijving van de afbakening van het studiegebied, de gehanteerde methodiek, de beschrijving van de referentiesituatie, de beschrijving en beoordeling van de milieueffecten en een beschrijving van de milderende en/of compenserende maatregelen gegeven. Binnen de discipline 'Fauna, flora en biodiversiteit' wordt ook een passende beoordeling uitgevoerd voor de aanleg van de exportkabel daar zij gevolgen kunnen hebben voor de aangeduide Speciale Beschermingszone Zeebrugge.

Hoofdstuk 5:

- Geeft de mogelijke cumulatieve effecten weer ten gevolge van de aanleg van de reeds vergunde windparken (C-Power, Eldepasco, Belwind).

Hoofdstuk 6:

- Geeft een beschrijving van de te verwachten grensoverschrijdende effecten in het kader van het Espoo-verdrag.

Hoofdstuk 7:

- Geeft een eindsynthese van de milieueffecten en voorgestelde milderende en/of compenserende maatregelen per discipline en per fase.

Hoofdstuk 8:

- Geeft de lijst van geraadpleegde literatuur.

LIJST MET AFKORTINGEN

AC	Alternating Current (wisselstroom)
AIS	Automatic Information System
AMDK	Agentschap voor Maritieme Dienstverlening & Kust
AWZ	Administratie Waterwegen en Zeewezen (nu: AMDK)
BCP	Belgisch Continentaal Plat
BDNZ	Belgische deel van de Noordzee
BEEZ	Belgische Exclusieve Economische Zone
BMM	Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde estuarium
ca.	circa
Conf	Configuratiealternatief
CTR	Control Terminal Region
Cu	koper
dB(a)	Eenheid van sterkte geluid, gewogen (menselijke waarneming)
dB _{nt}	Eenheid van sterkte geluid, perceptieniveau van een diersoort
dBm	Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal.
dBW	Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal.
DGPS	Systeem van positiebepaling met behulp van lage frequenties
d.m.v.	door middel van
DVZ	Dienst voor Zeevisserij (nu: ILVO)
EcoQ	graadmeter voor de ecologische kwaliteit van het mariene milieu
e.d.	en dergelijke
EEZ	Exclusieve Economische Zone
etc.	etcetera
EAC	Ecotoxicological Assessment Criteria
EG	Europese Gemeenschap
EIA	Environmental Impact Assessment
EMV	elektromagnetische velden
ESAS	European Seabirds at Sea
FIR	Flight Information Region: aëronautische werkgebied
FTR	Federaal Technisch Reglement
GBF	Gravity Based Foundation of Gravitaire fundering
GLLWS	Gemiddelde Laag Laagwaterspringlijn

GPS	Global Position System
GT	Gigaton
GVB	Gemeenschappelijk Visserij Beleid
GVS	Groot Vlootsegment
HFO	Heavy fuel oil: zware stookolie
HVDC	High Voltage Direct Current (hoogspanningsgelijkstroom)
Hz	Hertz
IALA	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities
IC	Inhibition concentration
LAT	Lowest Astronomical Tide of Laagste astronomische getij
LC	lethal concentration
LCA	levenscyclusanalyse
LCm	mediaan LC 50
ILVO	Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek
INBO	Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
IPP	Independent Power Producer
KB	Koninklijk Besluit
KHZ	Kilo Hertz
kV	Kilo Volt
KVS	Kleine Vlootsegment
kW	kilowatt
LNG	Liquified Natural Gas
MBES	Multi-Beam Echo-Sounder
m.b.t.	met betrekking tot
m.e.r.	Milieueffectrapportage
MEB	Milieueffectenbeoordeling
MER	Milieueffectenrapport
MW	Megawatt
NCP	Nederlands Continentaal Plat
NEC	National Emission Ceilings
NEEZ	Nederlandse Exclusieve Economische Zone
Ng	nanogram
nm	nautical mile of zeemijl
NO	Noordoosten
NW	Noordwesten

OBO	Ore/bunker/oil schip
OHVS	offshore high voltage station of offshore hoogspanningsstation
OWD	olie-water dispersie
POD	Porpoise Detectors
Ppt	parts per thousand
RDF	Radio Direction Finder
RF	Radio Frequente systemen
RoRo	Roll on/Roll off schepen
SBZ	Speciale Beschermingszone
SBZ-H	Speciale Beschermingszone (Habitatrichtlijn)
SBZ-V	Speciale Beschermingszone (Vogelrichtlijn)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SEA	Strategic Environmental Assessment
SEA-ME-WE3	Afkorting voor de telecommunicatiekabel ten noorden van de Bank Zonder Naam
SPL	Sound Pressure Level
SRK	Schelde Radar Keten
TAW	Tweede Algemene Waterpassing
t.h.v.	ter hoogte van
t.o.v.	ten opzichte van
TBT	tributyltin
THV	Tijdelijke Handelsvennootschap
UPS	Uninterruptible Power Supply (=noodstroomvoeding)
VG & M-manager	Veiligheids-, gezondheids- en milieumanager
VHF	Very High Frequency en Ultra High Frequency
VOC	Vluchtige Organische Componenten
VONOV	Verkeersonderzoek Noordzee Visuele Identificatie
VTs	Vessel Traffic Services
VTs-SM	Vessel Traffic Services voor Schelde en monding
VTs-VK	Vessel Traffic Services voor Vlaamse Kust
WAF	water-geacomodeerde fracties
WT	Windturbine
XLPE	Cross-linked polyethylene
ZO	Zuidoosten
ZW	Zuidwesten
ZZW	Zuid-zuidwesten

LIJST MET VERKLARENDE WOORDEN

AIS	Automatic Information System, een datacommunicatie systeem voor de scheepvaart, waarbij op één van de marifone kanalen, digitale informatie doorgestuurd wordt omtrent de identiteit en de lading van het schip. Voor correcte ontvangst van de gegevens dient de gecodeerde digitale informatie aan bepaalde timing vereisten te voldoen, in casu de 'delay spread'
Armour layer	De toplaag van de erosiebescherming die rondom een fundering (monopile of gravitaire fundering) aangebracht wordt. Deze laag bestaat uit breukstenen met een kaliber van 15 tot 300 kg (Dn50 = 540 mm).
Bestuur	De Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee en het Schelde estuarium (afgekort: BMM)
Bufferzone	De veiligheidsperimeter voorzien rond bestaande kabels (250 m) en pijpleidingen (500m)
Concessiegebied	Het aaneensluitend uitgebreide gebied (44 km ²) (<u>inclusief</u> bufferzones rond kabels en pijpleidingen binnen het gebied) zoals aangevraagd wordt door Norther NV, ter wijziging van de toegekende concessie volgens MB 05/10/2009 (Art. 1 §1) ; de wijziging bestaat uit een uitbreiding van het toegekende concessiegebied (conf. blok in bijlage 1 van MB 05/10/2009 van ca. 38 km ²) in zuidelijk richting, tot een totale oppervlakte van ca. 44 km ² ; rekening houdende met de bufferzones rond kabels en pijpleidingen gelegen binnen dit gebied bedraagt de beschikbare ruimte toegekend voor de installatie van windturbines ca. 26 km ² (concessiegebied <i>sensu stricto</i>); waar in voorliggend MER gerefereerd wordt naar de domeinconcessie of het concessiegebied van North Sea Power, wordt steeds dit volledige uitgebreide gebied (44 km ²) bedoeld, daar dit het meest relevant is in het kader van milieueffecten (tenzij expliciet anders vermeld).
Concessiegebied <i>sensu stricto</i>	Het concessiegebied zoals hierboven gedefinieerd <u>exclusief</u> de bufferzones rond kabels en pijpleidingen gelegen binnen het gebied; met een totale oppervlakte van ca. 26 km ² . Strikt genomen is dit de wettelijk toegekende domeinconcessie aan Norther nv volgens het MB of dus de effectief beschikbare ruimte voor de installatie van het windpark.
CTR	Control Terminal Region: gebruikelijke term voor een plaatselijke luchtverkeersleidingsgebied

- 3 dB	Deze waarde geeft aan dat nog slechts de helft van het vermogen beschikbaar is. Bij een radarbundelbreedte, wordt deze waarde gebruikt om de 'openingshoek' van de radarbundel aan te geven, waarbij dus de helft van het vermogen beschikbaar is tov. de hoeveelheid vermogen in de directe hoofdrichting van de radarbundel.
dB _{nt}	dB _{nt} is een maatstaaf voor het geluidsniveau boven de gehoordrempel van een diersoort, of het 'perceptieniveau'.
dBm	Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal. 0 dBm is precies gelijk aan een vermogen van 1 milliWatt.
dBW	Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal. 0 dBW is precies gelijk aan een vermogen van 1 Watt (en ook gelijk aan 30 dBm).
Delay Spread	Het verschil in tijd (door verschillende transmissiepaden) van de binnenkomende digitale informatie (pulsen), die al of niet als één of verschillende pulsen (of bits) zullen geïnterpreteerd worden.
Demersale vissen	Vissen die op of in de nabijheid van de bodem leven en efficiënt met een boomkor bemonsterd kunnen worden; zoals tong, tarbot, schol
DGPS	Systeem van positiebepaling met behulp van lage frequenties
Endofauna	Organismen die in de bodem leven
Epibenthos	Organismen die op de bodem leven en efficiënt met een boomkor bemonsterd kunnen worden; zoals zeesterren, krabben, kreeften
Epifauna	Organismen die op de bodem leven
Filter layer	De onderlaag van breukstenen van de erosiebescherming die rondom een fundering (monopile of gravitaire fundering) aangebracht wordt. de filter layer bestaat uit grind met kaliber van 4 tot 32 kg (Dn50 = 50 mm).
Foulinggemeenschap	Gemeenschap die bovenop een bepaalde structuur groeit
IC	Inhibition concentration: concentratie waarbij er inhibitie is van een proces (bv. groei) van een organisme
Lowest Astronomical Tide (LAT)	Laagste astronomische getij: het laagste getijdenniveau dat voorspeld kan worden onder gemiddelde meteorologische omstandigheden en onder elke combinatie van astronomische omstandigheden.
LC	Lethal concentration: concentratie waarbij een bepaald percentage van de organismen sterven
LC 50	Concentratie waarbij 50 % van de organismen sterven
LCm	Mediaan LC 50

Macrobenthos	Organismen die in het sediment leven en groter zijn dan 1 mm; zoals de borstelwormen, kreeftachtigen, tweekleppigen. Synoniemen zijn macro-infauna, macro-endobenthos
Maricultuur	De kweek van commerciële vissen, schaal- of schelpdieren in zoute wateren
Pelagische vissen	Dicht bij het wateroppervlak zwemmende vissen
SPL	Het geluidsdrukniveau (SPL), ook wel geluidsniveau (L) genoemd, wordt gedefinieerd als de logaritmische verhouding van de absolute waarde van de geluidsintensiteit en een referentiewaarde.
SRK	Schelde Radar Keten, de Vlaams-Nederlandse instantie die instaat voor het beheer van en toezicht op het scheepvaartverkeer in de Noordzee
TAW	De Tweede Algemene Waterpassing is de referentiehoogte waartegenover hoogtemetingen in België worden uitgedrukt. Een TAW-hoogte van 0 meter is gelijk aan het gemiddeld zeeniveau bij laagwater te Oostende
UHF of VHF	Very High Frequency en Ultra High Frequency, geven de frequentiebanden aan van radio communicatie. Voor de marifone systemen wordt VHF gebruikt tussen 150 MHz en 165 MHz
Windconcessie zone	De afgebakende zone voor de ontwikkeling van windenergie volgens het KB 17/05/2004, gewijzigd door het KB 03/02/2011

NIET-TECHNISCHE SAMENVATTING

1 DOEL EN VOorgenomen ACTIVITEIT

Norther NV heeft het voornemen om een offshore windpark (het 'North Sea Power windpark') te bouwen op 20 tot 30 km van de kust, in een zone ten zuidoosten van de Thorntonbank langs de grens met Nederland. Het windpark zal jaarlijks een opbrengst van ca. 800 GWh tot 1.500 GWh genereren, wat overeen komt met het gemiddelde jaarverbruik van ca. 230.000 tot 430.000 gezinnen. Voordat met de bouw kan worden begonnen dient een milieuvergunning en een vergunning voor de aanleg van de kabels te worden aangevraagd. Ten behoeve van de besluitvorming over de aanvraag van de vergunningen wordt de procedure voor de milieueffectrapportage met bijhorende milieueffectenbeoordeling doorlopen.

Een milieueffectenrapport (MER) dient te worden opgesteld om de milieubelangen een volwaardige plaats te geven bij de vergunningverlening. Dit MER dient ter onderbouwing van de vergunningaanvraag en behandelt zowel de bouw, de exploitatie, de ontmanteling als de kabellegging van het North Sea Power windpark.

De initiatiefnemer kan op vandaag nog geen uitspraak doen over de definitieve keuze van turbine of fundering. In de praktijk wordt pas na een uitgebreide marktanalyse en aanbestedingsprocedure een definitieve keuze gemaakt. Daarbij spelen de referenties, de financiële draagkracht van de diverse fabrikanten, de economische analyse, de 'proven technology' en nog tal van factoren een cruciale rol. Het MER gaat daarom uit van drie configuratiealternatieven die de volledige range van installatiemogelijkheden binnen het North Sea Power windpark beslaan. Op die manier wordt voor de methodiek en de analyses binnen het MER rekening gehouden met het principe van een worst-case benadering. De afmetingen en specificaties van de uiteindelijk gekozen turbine en funderingstypes, dienen equivalent of inferieur te zijn aan de binnen het MER beschreven types.

In het MER worden volgende configuratiealternatieven voor het geplande North Sea Power windpark besproken:

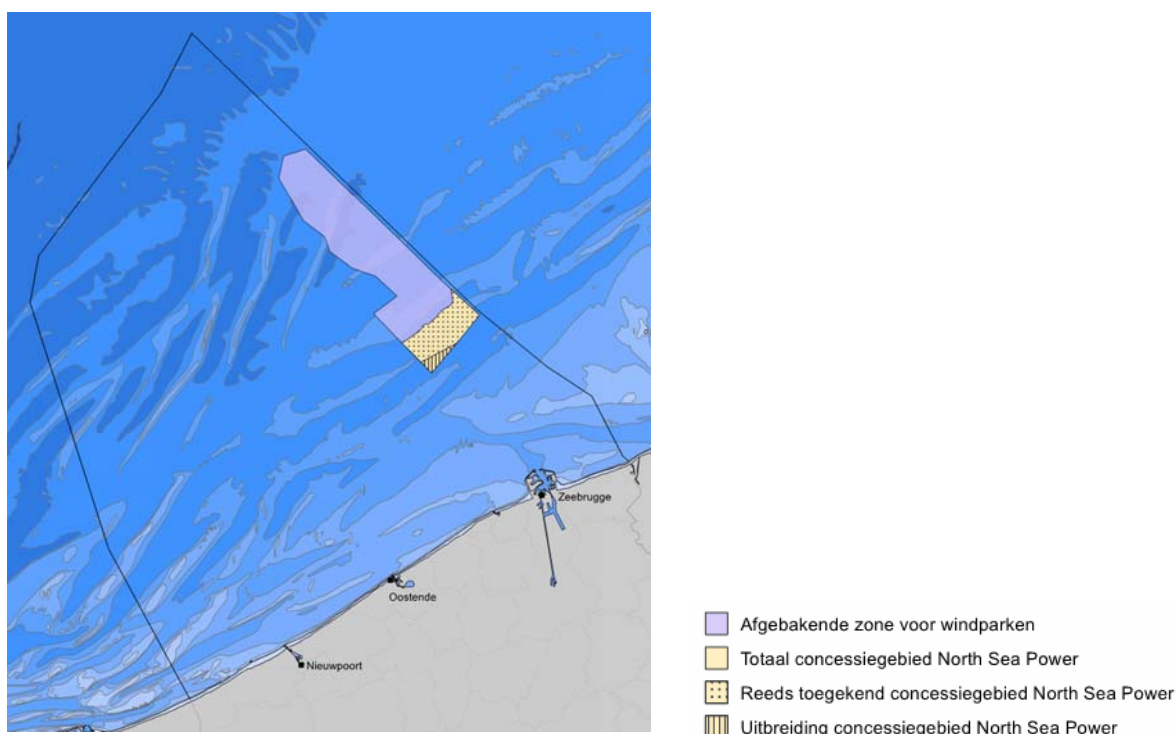
- **Configuratie 1:** 86 windturbines met rotordiameter ca. 120 m, met een individueel vermogen tussen 3 en 4,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 320 MW. Als typevoorbeeld geldt de Siemens SWT-3.6 turbine (rotor Φ : 120 m) (3,6 MW per turbine \rightarrow 310 MW totaal geïnstalleerd vermogen);
- **Configuratie 2:** 74 windturbines met rotordiameter ca. 130 m, met een individueel vermogen tussen 5 en 6,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 420 MW. Als typevoorbeeld geldt de 6M REpower turbine (6,15 MW per turbine \rightarrow 455 MW totaal geïnstalleerd vermogen);
- **Configuratie 3:** 47 windturbines met rotordiameter ca. 150 m, met een individueel vermogen tussen 7 en 10 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 400 MW. Als typevoorbeeld geldt de Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower (10 MW per turbine \rightarrow 470 MW totaal geïnstalleerd vermogen).

Tenslotte worden de cumulatieve effecten besproken van het North Sea Power windpark samen met de drie momenteel reeds vergunde windenergieprojecten in de Belgische Noordzee (C-Power, Eldepasco en Belwind).

2 PROJECTBESCHRIJVING

Het North Sea Power windpark wordt gepland op 20 tot 30 km van de kust, in een zone ten zuidoosten van de Thorntonbank langs de grens met Nederland. De noordelijke grens van het projectgebied ligt op ca. 1 km van de domeinconcessie van C-Power NV.

Op 5 oktober 2009 werd door de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie een domeinconcessie voor de bouw en exploitatie van een windpark aan Norther NV toegekend voor het blok dat afgebakend is door de in bijlage 1 van MB 05/10/2009 vermelde coördinaten (gebied met een oppervlakte van ca. 38 km²) met uitzondering van de veiligheidsperimeters van de in het gebied gelegen kabels en pijpleidingen (zie Art.1 §1° MB 05/10/2009). Door Norther NV wordt een aanvraag ingediend voor het bekomen van een wijziging van dit concessiegebied. De wijziging bestaat uit een uitbreiding van het toegekende concessiegebied (conf. blok in bijlage 1 van MB 05/10/2009 van ca. 38 km²) in zuidelijk richting, tot een totale oppervlakte van ca. 44 km². Opnieuw rekening houdende met de bufferzones rond kabels en pijpleidingen gelegen binnen dit gebied bedraagt de beschikbare ruimte toegekend voor de installatie van windturbines ca. 26 km²; hierna aangeduid als concessiegebied *sensu stricto*. Waar in voorliggend MER gerefereerd wordt naar de domeinconcessie of het concessiegebied van North Sea Power, wordt steeds het volledige uitgebreide gebied (44 km²) bedoeld, daar dit het meest relevant is in het kader van milieueffecten, tenzij expliciet anders vermeld.





De vermogensrange bedraagt 3 MW tot 10 MW per turbine, met een totaal geïnstalleerd vermogen van max. 470 MW. De opgewekte elektrische energie wordt via hoogspanningskabels gelegen in de zeebodem naar een hoogspanningspost aan de kust (Zeebrugge) gebracht.

De bouw van het North Sea Power windpark wordt gepland in de periode 2014-2016.

In de onderstaande tabel worden de belangrijkste kenmerken weergegeven van het conceptontwerp voor het North Sea Power windpark.

Onderwerp	Omschrijving
Locatie	
Situering	<ul style="list-style-type: none"> • Gelegen op 20 à 30 km van de kust; • Ten zuidoosten van de Thorntonbank langs de grens met Nederland; • Het projectgebied ligt in het uiterste zuidoosten van de zone afgebakend voor de inplanting van offshore windparken vastgelegd door het Koninklijk Besluit van 17 mei 2004, gewijzigd door het Koninklijk Besluit van 3 februari 2011; • De noordelijke grens van het projectgebied ligt op ca. 1 km van de domeinconcessie van C-Power nv, met inachtneming van de bufferafstanden.
Oppervlakte concessiegebied	Ongeveer 44 km ²
Parkinrichting	<ul style="list-style-type: none"> • Inplanting: drie alternatieve configuraties, zie Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3; • Diepte van de zeebodem ter hoogte van het concessiegebied: -14 tot -30 meter TAW; • Te respecteren afstanden tot de Interconnector gasleiding en de 'Seapipe' gasleiding van Statoil (500 m)¹ en telecom- en elektriciteitsleidingen (250 m), en te respecteren bufferzone van 1000 m rond de zone waarvoor C-Power een domeinconcessie verkregen heeft.

¹ In het alternatief 1 van het North Sea kabeltracé kan het noodzakelijk zijn om hierop een uitzondering te maken, ter hoogte van kruising met de vaargeul 'Scheur'. In voorkomend geval zullen hiervoor de nodige afspraken worden gemaakt tussen de initiatiefnemer en de respectieve uitbaters/eigenaars van de leiding.

Windturbines	
Inplanting	Drie alternatieve configuraties; zie Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3.
Type - Vermogen - Rotordiameter	<p>Circa 3 tot 10 MW per turbine; diverse turbines komen hiervoor in aanmerking. Voor de drie alternatieve configuraties wordt gewerkt met typevoorbeelden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Configuratie 1: windturbines met rotordiameter 120 m, met een individueel vermogen tussen 3 en 4,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 320 MW. Als typevoorbeeld geldt de Siemens SWT-3.6-120 turbine (3,6 MW per turbine); • Configuratie 2: windturbines met rotordiameter 130 m, met een individueel vermogen tussen 5 en 6,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 420 MW. Als typevoorbeeld geldt de 6M REpower turbine (6,15 MW per turbine); • Configuratie 3: windturbines met rotordiameter 150 m, met een individueel vermogen tussen 7 en 10 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van 400 MW. Als typevoorbeeld geldt de Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower (10 MW per turbine).
Aantal	<p>Voor de drie alternatieve configuraties zijn volgende aantallen kenmerkend:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Configuratie 1: 86 turbines; • Configuratie 2: 74 turbines; • Configuratie 3: 47 turbines.
Productie	Circa 800 tot 1.500 GWh/jaar
Fundering windturbines	
Ofwel monopile	<p>De monopile (of monopaal) is een stalen buispaal die in de grond geheid en/of geboord wordt. De diepte waarover geheid moet worden om een stabiele fundering te bekomen, hangt af van het bodemprofiel. Rond de paal wordt een erosiebescherming aangebracht, die zowel statisch als dynamisch kan zijn. Dit funderingstype kan gebruikt worden bij configuratie 1 en 2.</p>
Ofwel jacket	<p>De jacket fundering bestaat uit een vakwerktoren, opgebouwd uit stalen buizen met vier steunpunten, en wordt zelf gefundeerd met geheide palen. Norther voorziet geen erosiebescherming rondom dit funderingstype. Dit funderingstype kan toegepast worden bij configuratie 2 en 3.</p>
Ofwel gravitaire fundering	<p>Een gravitaire fundering bestaat uit een massieve betonnen blok, die overgaat in een smallere sectie, waarop de windturbine gemonteerd wordt. De fundering wordt geprefabriceerd op land en wordt vanaf het schip of ponton neergelaten op de vooraf vlak gemaakte zeebodem. Rond de fundering wordt een erosiebescherming aangebracht. Dit funderingstype kan toegepast worden bij configuratie 2 en 3.</p>
Windmeetmast	
Aantal	2 masten (optioneel)
Positie	Afhankelijk van de configuratie: zie Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3.
Fundering hoogspanningsstations en windmeetmast	
Type	<ul style="list-style-type: none"> • Hoogspanningsstations: monopile of jacket fundering • Windmeetmast: monopile
Elektrische infrastructuur	
Parkkabels binnen het windpark	<ul style="list-style-type: none"> • De windturbines worden in groepen van telkens ca. 30 MW verbonden op 33 - 36 kV (wisselspanning) met een onderzeese kabel; • Kabeltracés: zie Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3; • Aanlegdiepte kabels: ca. 1 m in de zeebodem.
Offshore hoogspanningsstation (OHVS of transformatorplatform)	<ul style="list-style-type: none"> • Aantal: twee; • Step-up transformatoren 33 - 36 kV → 150 kV of 220 kV
Kabels naar land	<ul style="list-style-type: none"> • Vermogenkabels van 150 kV of 220 kV (wisselspanning); • Kabeltracé: 2 alternatieve routes; tracé1 langs de bestaande Belwind en Eldepasco exportkabel of tracé 2 langs de telecom kabel 'Concerto South' • De bekabeling zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door Maritieme

	Toegang (departement Mobiliteit en Openbare Werken) en andere bevoegde instanties; <ul style="list-style-type: none"> Aansluitingspunt: Zeebrugge.
Exploitatie	
Besturing en bewaking windpark	SCADA-systeem (Supervisory, Control And Data Acquisition) vanuit een controlekamer op het land
Frequentie gepland onderhoud	1 maal per jaar, exclusief ongepland onderhoud en reparaties
Logistiek – toegang naar windpark	Toegang met behulp van onderhoudsschepen (windcats) of toegang met behulp van helikopters.

3 ALTERNATIEVEN

Hiervoor wordt verwezen naar Hoofdstuk 1 & Hoofdstuk 2 waar de verschillende alternatieven reeds kort behandeld werden.

4 EFFECTBEOORDELING

In deze paragraaf worden de belangrijkste resultaten van de effectbeoordeling samengevat per discipline.

Op huidig ogenblik zijn in de Belgische mariene wateren 3 windparken (C-Power, Belwind, Eldepasco) vergund waarvan reeds 2 parken gestart zijn met de bouw. C-Power heeft 6 windturbines (gravitaire fundering) geplaatst op de Thorntonbank en Belwind 55 windturbines (monopile) op de Bligh Bank. In tegenstelling tot voorgaande milieueffectenrapporten voor offshore windparken waar voor de algemene effectbespreking enkel de effecten van één park (inclusief de verschillende configuratiealternatieven) afzonderlijk werden bestudeerd, worden in voorliggend MER de configuratiealternatieven van Norther (analoog als voorgaande MERs) in combinatie met de bestaande situatie besproken, verder 'het basisscenario' genaamd (bestaande uit 6 GBF C-Power (afgekort: C-Power**) + 55 MP Belwind (afgekort: Belwind**) + Norther).

Gezien de problemen om bepaalde effecten goed kwantitatief te beschrijven, is gekozen voor een semi-kwantitatieve aanpak. Hierbij worden de effecten beschreven in relatie tot hun grootte, hun reikwijdte (omvang) en hun tijdelijk of permanent karakter. De beschreven effecten worden in de vorm van een relatieve plusmin-beoordeling weergegeven.

Volgende definities zijn van toepassing:

Symbol	Omschrijving	Beschrijving	Beoordeling milieu/organismen
++	Significant positief effect	Meetbaar positief effect, van grote omvang (BDNZ), tijdelijk of permanent karakter	Zeer positief
+	Matig positief effect	Meetbaar positief effect, van beperkte omvang (projectgebied), tijdelijk of permanent karakter	Positief
0/+	Gering positief effect	Meetbaar klein positief effect, van beperkte omvang (projectgebied), steeds tijdelijk karakter	Neutraal
0	(vrijwel) geen effect	Onmeetbaar effect of niet relevant	Geen
0/-	Gering negatief effect	Meetbaar klein negatief effect, van beperkte omvang (projectgebied), steeds tijdelijk karakter	Verwaarloosbaar
-	Matig negatief effect	Meetbaar negatief effect, van beperkte omvang (projectgebied), tijdelijk of permanent karakter	Aanvaardbaar
--	Significant negatief effect	Meetbaar negatief effect, van grote omvang (BDNZ), tijdelijk of permanent karakter	Onaanvaardbaar

Bij de effectbeoordeling wordt onderscheid gemaakt in effecten tijdens de constructie, de exploitatie, de ontmanteling en de bekabeling. Tevens wordt aangegeven welke de leemten in de kennis zijn en welke milderende (effectbeperkende) maatregelen mogelijk zijn. Er wordt zowel aandacht besteed aan de negatieve effecten als aan de mogelijke positieve effecten voor het milieu.

4.1 BODEM

4.1.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Het concessiegebied North Sea Power is gesitueerd op 22-30 km vanaf de Belgische kustlijn ten noordwesten (NW) van Zeebrugge. In het noordoosten (NO) grenst de zone aan de Nederlandse territoriale wateren. De zone overlapt gedeeltelijk met een drietal banken: de Thorntonbank in het noordwesten, de uiterste noordoostelijke uitloper van de Goote Bank in het zuidwesten van de zone en de Rabsbank in het noordoostelijke gedeelte vanuit het Nederlandse deel van de Noordzee.

Getijdebanken in het algemeen zijn de grootste offshore reliëfkenmerken en blijken vrij stabiel te zijn. Zandgolven zijn beduidend kleiner dan zandbanken – enkele meters hoog – maar meer dynamisch en evenals de getijdebanken prominent aanwezig op het BDNZ. Recente bathymetrische opnamen tonen een duinhoogte van maximaal 5 m hoogte (Thornton- en Rabsbank).

De getijdebanken bevinden zich bovenop de tertiaire geologische laag 'Formatie van Maldegem'. Deze formatie bestaat uit mariene sedimenten die vooral stijve klei en kleihoudende zandlagen omvat. Deze vormt de zeebodem op die plaatsen waar geen banken voorkomen. Op de meeste plaatsen is deze zeebodem bedekt met grof zand en grind. De dikte van de bankgedeeltes in de concessiezone varieert van 0 tot 14 m. Hier komt voornamelijk zand voor met een mediane korrelgrootte van 0.25-0.3 mm (fijn tot middelmatig zand).

Gezien de nabije ligging, de gelijkaardige granulometrische samenstelling en de situering in hetzelfde getijdestromingspatroon als de Thorntonbank kan verwacht worden dat de chemische milieukwaliteit van beide zone vergelijkbaar is. Op basis van de data beschikbaar voor de Thorntonbank kan besloten worden dat voor geen enkel bemeten zwaar metaal de grenswaarden overschreden worden.

Door de klimaatsverandering zullen veranderingen optreden in de stromingskarakteristieken en in de morfologie van het BDNZ. Zelfs binnen de termijn van de exploitatie zullen al veranderingen merkbaar zijn. Naast veranderingen in de algemene gemiddelde waarden van bijvoorbeeld zeespiegel, temperatuur, etc., wordt er een toename verwacht in de extreme klimaatsgebeurtenissen. Er zijn geen andere mariene activiteiten (windparken op andere banken, zandwinning, transport, dumpen van baggerspecie...) op het BDNZ waarvan een effect in de toekomst kan verwacht worden in de concessiezone en het windpark dat daar zou gebouwd worden.

4.1.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.1.2.1 Constructiefase

Bij gebruik van een monopile- of jacket fundering wordt er geen zand verwijderd maar wordt de paal ingeheid in de bodem. Het enige effect is dat de geologische lagen tot een diepte van enkele 10-tal m in de onmiddellijke omgeving van de paal gecompacteerd (verdicht) worden.

Indien men kiest voor een gravitaire fundering, wordt per windturbine ca. 100.000 m³ zand uitgegraven, waarvan ongeveer 20.000 m³ zal worden hergebruikt voor heraanvulling van de funderingsput en voor het opvullen van de gravitaire fundering (netto 45.000 m³). De rest wordt beschouwd als dumpings- en baggerverlies (totale verlies is zelfs groter). Hiervan bestaat ongeveer 25-30 % uit zandlagen en de overige 70-75 % uit materiaal dat voor het overgrote deel bestaat uit tertiaire klei en kleihoudend zand, waarschijnlijk algemeen vermengd met een grindfractie (Maasgrind). Voor het aanwenden van het zandoverschot wordt voorgesteld:

- Ofwel dit zand-/kleioverschot te stockeren binnen het concessiegebied;
- Ofwel dit zand/klei commercieel aan te wenden; in dit geval kan men besluiten dat de impact op de morfologie gering zal zijn (slechts 45.000 m³ overschot). Bovendien kan – indien de commerciële aanwending betekent dat er minder zand gewonnen wordt op een andere locatie – de globale impact van alle mariene activiteiten op de natuurlijke morfologie van de Noordzee verminderd worden.

Het zandoverschot moet gestockeerd worden op een locatie zodat de globale morfodynamiek van het gebied zo minimaal mogelijk wordt gewijzigd. Het bepalen van de optimale locatie en laagdikte voor stockage van het zandoverschot is omwille van onvoldoende kennis over de dynamiek van het sediment niet eenduidig uit te voeren. De stortlocatie wordt best zo dicht mogelijk bij de te installeren windturbines gekozen en ten ZW van de windturbines, zodat het gestockeerde zand via de overheersende vloedstromingen in NO richting de kans krijgt zich te verspreiden over het concessiegebied alvorens verder getransporteerd te worden. Het hanteren van een laagdikte tussen 2-7 m zoals vereist in (BMM, 2007) voor het Belwind windpark lijkt ons een praktisch en realistisch compromis. De optie om te stockeren per turbine wordt – ondanks een relatief grotere oppervlakte-inname – zowel vanuit morfologisch oogpunt (snellere

verspreiding vanuit kleine hopen zand) als vanuit werk-technisch oogpunt (korte afstand tussen bagger- en losplaats) niet afgeschreven.

De impact van de aanleg van de kabels is verwaarloosbaar (0/-). De kans op een significante verontreiniging van de bodem is bijzonder klein (effect = 0).

4.1.2.2 Exploitatiefase

Hoewel er lokaal ter hoogte van de windturbines een verstoring zal optreden van het natuurlijke sedimenttransport zal dit een verwaarloosbaar effect (0/-) hebben op de globale natuurlijke processen van het projectgebied. Daarvoor is immers het effect van elke constructie – door de aanwezigheid van de erosiebescherming – te gering en de afstand tussen de windturbines te groot. Dit geldt ook voor de kabels.

Het is duidelijk dat de lokale erosie bij een fundering zonder erosiebescherming zo groot zou kunnen zijn, dat het effect moet gemitigeerd worden en zelfs de stabiliteit van de gehele constructie op lange termijn zou kunnen ondermijnen. Daarom wordt door de initiatiefnemer onmiddellijk erosiebescherming voorzien bij monopile en gravitaire funderingen. Bij de keuze voor jacket fundering wordt momenteel (op basis van onderzoek) door Norther geopteerd om geen erosiebescherming aan te leggen. Een erosiebescherming bestaat uit een ring van stenen rondom de fundering. Het spreekt voor zich dat de grotere afmetingen bij gravitaire funderingen een grotere erosiebescherming vereisen dan bij paalfunderingen.

De dimensies van de voorgestelde erosiebeschermingen (enkel van toepassing voor de monopile en gravitaire fundering voor het North Sea Power windpark) zijn voor elk funderingstype ruim voldoende t.o.v. de hypothetische dimensies van een erosieput zonder bescherming. De erosie zal zich weliswaar verplaatsen naar de grenszone tussen de zeebodem en de erosiebescherming, in stroomafwaartse richting (secundaire erosie) maar in veel geringere mate. Hoewel de erosiebescherming op zich een lokale heterogeniteit vormt t.o.v. de zandige zeebodem, is het aanbrengen van de erosiebescherming aanvaardbaar voor het milieu.

De kabels worden voldoende diep gelegd (1 m in het park, 2 m voor de kabel naar land, zelfs tot 6 m in de vaargeulen) zodat de kans dat een kabel bloot komt te liggen, vrij gering is. Op plaatsen met tertiaire klei wordt de diepte eventueel beperkt tot 1 m, afhankelijk van de haalbaarheid. Schade aan kabels door ankers t.h.v. vaargeulen zal worden vermeden door het leggen van de kabel in de vaargeul op een gepaste diepte. Bovendien wordt het kabeltracé jaarlijks gemonitord om een eventueel vrijkomen van de kabel tegen te gaan.

Net zoals bij de inrichtingsfase, is er geen enkele indicatie dat de exploitatie zal leiden tot verontreiniging van de bodem (effect = 0).

4.1.2.3 Ontmantelingsfase

Bij een monopile (conf 1) of jacket fundering (conf 2 & 3a) zullen geen bijkomende effecten op de geologische bouw van de betreffende bodempakketten optreden gezien betreffende funderingen deels blijven zitten. Het verwijderen van de paalfunderingen (conf 1, conf 2, conf 3a) heeft ook geen effect op de morfodynamiek. Indien de put die ontstaat door de paalfundering tot ca. 2 m onder de zeebodem af te

snijden, zich verder zou ontwikkelen door lokale erosie, wordt voorgesteld deze put op te vullen met zand of erosiebeschermingsmateriaal.

Bij gravitaire funderingen (conf 3b) wordt alles weggehaald en blijft, per turbine, een put over. Ook hier zullen geen bijkomende effecten optreden ten opzichte van de constructie- en exploitatiefase. Voor de put ontstaan door de verwijdering van de gravitaire fundering (conf 3b) wordt eveneens voorgesteld deze op te vullen met zand, indien deze uitgraving zich verder zou ontwikkelen door lokale erosie (in het geval dat het aanwezige erosiebeschermingsmateriaal blijft liggen). Indien het beschermingsmateriaal allemaal verwijderd wordt, treedt ter hoogte van de weggehaalde fundering hetzelfde effect op als ter hoogte van de erosiebescherming.

De keuze over het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming (niet van toepassing voor configuratie 2 en 3a) zal op het einde van de exploitatie bepaald worden en zal gebaseerd zijn op de resultaten van de monitoring, de stand der techniek en op ondertussen opgedane ervaring

De keuze over het al dan niet verwijderen van de kabels zal later bepaald worden. Indien de kabels verwijderd worden, treden niet-significante effecten op vergelijkbaar met de effecten die optreden tijdens de constructiefase. Indien de kabels niet verwijderd worden, treden er geen effecten op.

4.1.3 Milderende maatregelen

Er moet aandacht geschonken worden aan een goede afstemming in de tijd tussen het aanbrengen van de fundering en het aanbrengen van de steenbestorting (erosiebescherming). Dit voorkomt immers erosie en leidt tot een minimaal gebruik van steenbestorting. Een goede afstemming van de deeltrajecten is hoe dan ook een vereiste bij het tussentijds stockeren van zand, dit om diverse verliezen zo veel mogelijk te beperken.

Op het kabeltracé moet bij overkruisingen van andere leidingen, waarbij de minimale aanlegdiepte niet kan behaald worden, een extra bescherming aangebracht worden. Dit kan geschieden met dezelfde breuksteen die aangewend wordt voor de erosiebescherming op het windpark en/of met een beschermingsmatras.

4.2 WATER

4.2.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

De stroming van het Noordzeewater wordt enerzijds veroorzaakt door de getijdenwerking (dominerende component), anderzijds door windeffecten of eventuele densiteitverschillen. De meest extreme situaties (grote stroomsnelheden en extreme waterniveaus) ontstaan wanneer een storm samenvalt met een springtij.

In het projectgebied worden waterdiepten vastgesteld tussen 15 en 32 m. Maximale stijging in waterdiepte door de golfwerking bedraagt ongeveer 2,5 m. Maximale golfhoogtes bedragen ongeveer 12 m. De halfdagelijkse eb- en vloedcyclus voor de Belgische kust veroorzaakt een variatie in waterdiepte die meer dan 5 m kan bedragen.

De optredende watersnelheden bevinden zich grotendeels in het spectrum tussen 0,2 en 0,8 m/s. De residuele gemiddelde (oppervlakkige) watersnelheid bedraagt ongeveer 0,6 m/s. Oppervlakkige stromingen

zijn duidelijk getijdengebonden waarbij de (uit het ZW komende) vloedstroom domineert boven de ebstroom die uit het NO komt. De stroming komt, gedreven door de getijdenwerking en overheersende winden, ter hoogte van het projectgebied hoofdzakelijk uit het ZW en daarnaast ook uit het NO tot NOO.

De gemiddelde watertemperatuur in het BDNZ (Belgische deel van de Noordzee) is ongeveer 11 °C. Er treden seizoenale variaties op met een grootteorde van 8 à 9 °C ten opzichte van de gemiddelde temperatuur. De saliniteit in het BDNZ bedraagt ongeveer 31-35 g/kg.

Men kan voor de concessiezone aannemen dat de natuurlijke concentraties aan zware metalen relatief laag zijn. De belangrijkste organotinverbinding is tributyltin (TBT). Het is een biocide dat in het aquatische milieu als 'antifouling' gebruikt wordt. De concentratie tributyltin offshore bedraagt <1 ng/l. Bunkerolie en smeerolie zijn de belangrijkste bronnen van olievervuiling in de Noordzee. De olielozing afkomstig van boringen voor de offshore olie- en gasindustrie is over de laatste 10 jaar sterk gereduceerd (tot meer dan 80 %). De menselijke invloed op de nutriëntenbalans is voornamelijk merkbaar ter hoogte van de kustzone en minder detecteerbaar ter hoogte van de zandbanken.

De turbiditeit of helderheid van het zeewater wordt bepaald door de hoeveelheid zwevend (in suspensie) materiaal in het water. Specifieke informatie voor het concessiegebied werd niet teruggevonden, maar er kan worden aangenomen dat gemiddelde concentraties zeker lager dan 10 mg/l zullen zijn.

Door de klimaatsverandering zullen eventueel veranderingen optreden in de stromingskarakteristieken en in de chemische eigenschappen van het zeewater. Zelfs gedurende de exploitatietermijn kunnen al veranderingen merkbaar zijn. Zo wordt bijvoorbeeld een algemene zeespiegelstijging ten gevolge van het broeikaseffect verwacht van maximum 0,9 m in de periode 1990-2100. Naast veranderingen in de algemene, gemiddelde waarden van bijvoorbeeld zeespiegel, temperatuur, etc. wordt er een toename verwacht in de extreme klimaatgebeurtenissen.

Verder kan verwacht worden dat de antropogene invloed op de waterkwaliteit in het mariene milieu verder zal dalen. Bijvoorbeeld zouden de concentraties aan TBT, zware metalen, nutriëntentoevoer via rivier, etc. een positieve dalende trend moeten tonen in de toekomst. Er zijn geen andere mariene activiteiten (windparken op andere banken, zandwinning, transport, dumpen van baggerspecie, ...) op het BDNZ waarvan een effect in de toekomst kan verwacht worden op de North Sea Power concessiezone en het windpark dat daar zou gebouwd worden.

4.2.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.2.2.1 Constructiefase

Tijdens de inrichtingsfase – zowel voor de plaatsing van de kabels als van de windturbines - treden geen effecten op de hydrodynamica op, ongeacht het North Sea configuratiealternatief.

Analoog als voor zware metalen, is de potentiële impact van het vrijkomen van organische polluenten uit de bovenste sedimentlaag tijdens de inrichting vrij gering (0/-). Aangezien de Noordzee aangeduid is als een speciale zone (volgens MARPOL 73/78) voor afval sinds 1991 en voor olie sinds 1999 kan deze activiteit gezien het wettelijk verbod op lozen van afval en olie (door schepen groter dan 400 ton) niet leiden tot dergelijke lozingen. Het baggeren kan een kleine tijdelijke toename van nutriënten in de waterkolom veroorzaken. De aangroeiwerende verf die wordt aangebracht op de schepen gebruikt tijdens de

inrichtingsfase is TBT-vrij. Het is immers vanaf 1 januari 2003 wereldwijd verboden om TBT nog op schepen te gebruiken en vanaf 1 januari 2008 moet alle TBT van de scheepsrompen verwijderd zijn. Op temperatuur, opgeloste zuurstof, saliniteit wordt geen invloed verwacht.

Tijdens de constructie van de fundering zal een lokale verhoging van de turbiditeit kunnen vastgesteld worden, zowel bij het inheien van palen (monopile, jacket) als bij het baggeren en terugstorten van zand (gravitaire fundering). Normaliter zal er gewerkt worden bij rustige (weinig stroming) weersomstandigheden, waardoor kan verondersteld worden dat de natuurlijke turbiditeit laag is. Dit betekent eveneens dat de bezinking van het opgewoelde sediment relatief snel zal optreden en in een geringe straal rondom de activiteiten. De constructie van de fundering zal, voor elke uitvoeringswijze en type fundering, een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken met, in vergelijking met turbiditeitsconcentraties die van nature optreden tijdens stormen, een verwaarloosbaar effect (0/-).

De impact (verhoging van de turbiditeit) wordt – voor beide types kabels en uitvoeringswijzen – als zeer tijdelijk en lokaal beoordeeld (0/-).

4.2.2.2 Exploitatiefase

Er is geen significante invloed van een windturbineconstructie op de stroming, noch van de ondergronds liggende kabels.

Er is geen langetermijn effect op de waterkwaliteit te verwachten. De kans op een accidentele lozing met acuut effect op de waterkwaliteit wordt als zeer gering beschouwd.

Op een niet-significante lokale turbiditeit na vlakbij de fundering door het opwoelen van zand vlakbij de bodem, veroorzaakt de activiteit geen effect op de turbiditeit tijdens de exploitatie, ongeacht het Norther configuratiealternatief. De ondergrondse kabels hebben geen invloed op de turbiditeit.

4.2.2.3 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase (die bestaan uit het verwijderen van de palen en het eventuele verwijderen van de erosiebescherming en bekabeling) zullen gelijkaardig zijn als in de inrichtingsfase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de inrichtingsfase.

4.2.3 Milderende maatregelen

Als onderdeel van het globale veiligheids- en milieuzorgsysteem, dient er een duidelijke procedure beschikbaar te zijn die beschrijft op welke manier en door wie acties zullen worden ondernomen op het moment dat er tijdens de inrichting, exploitatie of ontmanteling een calamiteit ontstaat met mogelijks nadelige gevolgen voor de waterkwaliteit (vb. olielek).

4.3 KLIMATOLOGISCHE FACTOREN & ATMOSFEER

4.3.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

België kent een gematigd zeeklimaat, met een koele zomer en een zachte winter. Op zee worden gelijkaardige kenmerken waargenomen, maar er heerst een meer constant windklimaat en een hogere windsnelheid. De meest voorkomende windrichting voor de Belgische kust is (W)ZW. De windsnelheid neemt toe met de hoogte boven de waterspiegel. Op een hoogte van 100 meter boven de zeespiegel ligt de windsnelheid gemiddeld tussen 8,5 en 10 m/s.

Met betrekking tot het globale klimaat zijn in het kader van dit project vooral het broeikaseffect en de opwarming van de aarde van belang. De stijging van de atmosferische concentraties aan CO₂, CH₄ en N₂O is veruit de belangrijkste oorzaak van de opwarming van het klimaat. Om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen moet er omgeschakeld worden naar milieuvriendelijke energie, zoals zonne-energie, biomassa-energie, windenergie, etc.

Met betrekking tot de luchtkwaliteit zijn de relevante parameters CO, NO_x, SO₂ en PM₁₀ (stof). De luchtkwaliteit voldoet ter hoogte van de Belgische kust ruimschoots aan de kwaliteitsdoelstellingen voor deze parameters. CO₂ is, zoals eerder werd aangehaald, vooral belangrijk met betrekking tot het broeikaseffect.

Bij de autonome ontwikkeling kan gesteld worden dat:

- de emissies, die een gevolg zijn van het materiaalgebruik, de constructie en ontmanteling van het windpark niet zullen plaatsvinden. Bijgevolg zal er geen tijdelijke beïnvloeding zijn van de lokale luchtkwaliteit.
- de vermeden emissies als gevolg van de elektriciteitsproductie door het windpark wel zullen gerealiseerd worden.
- de CO₂-concentraties in de atmosfeer zonder verregaande reductiemaatregelen verder zullen toenemen.

4.3.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.3.2.1 Constructiefase

Gedurende de installatie van het windpark zullen het globale klimaat en het lokale windklimaat geen relevante effecten ondervinden.

Voor de luchtkwaliteit moet tijdens de constructiefase niet enkel rekening gehouden worden met de eigenlijke bouw van het windpark, maar ook met de winning van de grondstoffen die noodzakelijk zijn voor de productie van de verschillende onderdelen van de windturbines. Deze fase omvat verder ook de productie en premontage van de onderdelen, het transport naar de offshore bouwlocatie en de eigenlijke constructie van het windpark. De energieconsumptie en daaraan gerelateerde emissies zijn het grootst tijdens de periode van het winnen van de grondstoffen tot en met de productie van de turbineonderdelen.

De bijkomende emissies ten gevolge van complete constructie van de turbines en het windpark zullen een te verwaarlozen negatieve (0/-) invloed hebben op de luchtkwaliteit.

4.3.2.2 Exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase zal er een beperkt energieverbruik zijn voor inspectie en onderhoud van het windpark. De belangrijkste effecten tijdens de exploitatiefase zijn evenwel de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van het windpark, namelijk 800 tot 1.500 GWh/jaar, niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt. De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen 3,71 % (800 GWh) tot 6,95 % (1.500 GWh) van de emissies door klassieke productie in België voor alle polluenten. De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke en nucleaire productie, bedragen 2,02 % tot 3,78 % van de emissies door klassieke productie in België voor alle polluenten.

Indien de elektriciteitsproductie door dit windpark effectief aanleiding zou geven tot een equivalente vermindering van de elektriciteitsproductie op land door middel van klassieke thermische productie, zal dit leiden tot een significant positief effect op de luchtkwaliteit op het land in het algemeen en het broeikaseffect en de zure depositie in het bijzonder. In werkelijkheid zal het project wellicht enkel leiden tot een afremmen van de stijgende emissies die bijdragen tot het broeikaseffect.

De positieve impact op het broeikaseffect zal op wereldschaal verwaarloosbaar zijn, maar de emissiereductie is niet onbelangrijk in het licht van de Belgische reductiedoelstellingen voor CO₂. De Kyoto doelstelling voor België is een reductie van de uitstoot van broeikasgassen tot 130,5 miljoen ton CO₂ equivalent (Nationaal Klimaatplan 2002-2012). De effectief vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen 0,44 % tot 0,82 % van dit plafond, wat significant is. Ook voor SO₂ en NO_x werden in het kader van de NEC-richtlijn (2001/81/EG) reductiedoelstellingen vooropgesteld. Voor 2010 werden aan België emissieplafonds voor SO₂ en NO_x opgelegd van respectievelijk 99.000 en 176.000 ton/jaar. De effectief vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen respectievelijk 0,58 tot 1,08 % van het emissieplafond voor SO₂ en 0,33 tot 0,62 % van het emissieplafond voor NO_x, wat eveneens significant is. In de thematische strategie luchtverontreiniging van de Europese Commissie is een herziening van de NEC-richtlijn voorzien. Deze herziening houdt geen aanpassing in van de emissieplafonds van 2010, maar wel dat emissieplafonds zullen opgelegd worden voor 2020. De herziening van de NEC-richtlijn werd nog niet afgerond.

De effecten van het windpark op het lokale windklimaat zullen beperkt blijven tot zeer lokale effecten in het windpark. Het windklimaat (windsnelheid, turbulentie...) wordt beïnvloed door het windpark tot meer dan 3 km na de laatste windturbines.

Het negatieve effect van de warmteafgifte van de ingegraven kabels op het lokaal temperatuursklimaat zal beperkt blijven tot de zeer nabije omgeving in de bodem (0/-).

4.3.2.3 Ontmantelingsfase

Gedurende de ontmanteling van het windpark zullen het globale klimaat en het lokale windklimaat geen relevante effecten ondervinden.

De ontmantelingsfase heeft een positieve invloed op het energieverbruik in de levenscyclus van een windturbine omdat ca. 80 % van het turbinemateriaal kan worden hergebruikt. De winning van nieuwe grondstoffen en de hieraan verbonden emissies worden hierdoor beperkt.

De impact op de luchtkwaliteit als gevolg van emissies van vaartuigen die worden ingezet bij de ontmanteling is - zoals in de constructiefase - lokaal (ter hoogte van de locatie waar de windturbines staan), beperkt in de tijd en zeer beperkt in vergelijking met de totale emissies door scheepvaart in het Kanaal, zodat de negatieve impact op de luchtkwaliteit gering is (0/-).

4.3.3 Milderende maatregelen

Globaal gezien zijn de windturbines verantwoordelijk voor een significante reductie in vergelijking met de emissies van klassieke centrales op land wat zowel op het vlak van de luchtkwaliteit als met betrekking tot de beperking van de emissie van broeikasgassen zeer positief is. Bovendien is de negatieve impact van het project op de luchtkwaliteit tijdens de constructie- en ontmantelingsfase beperkt, zodat er zich geen mitigerende maatregelen of compensaties opdringen.

4.4 GELUID & TRILLINGEN

4.4.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Ten behoeve van de referentiesituatie wordt het huidige geluidsklimaat besproken op 4 plaatsen namelijk boven water, onder water, aan de kustlijn en ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen.

Onder water ligt het natuurlijk achtergrondgeluidsniveau ongeveer tussen 90 en 100 dB (re 1 μ Pa) in het frequentiegebied 100 Hz tot enkele kHz. Natuurlijke geluiden zijn hierin de belangrijkste bijdrage. Voorbijvarende schepen kunnen echter wel voor een tijdelijke verhoging van het geluidsdruk niveau (110-120 dB (re 1 μ Pa)) in hetzelfde frequentiegebied zorgen.

Boven water wordt het achtergrondgeluidsniveau (LA95) geraamd op 35 ± 5 dB(A).

Uit literatuurgegevens blijkt dat aan de kustlijn het achtergrondgeluidsniveau tussen 50 en 65 dB(A) ligt op 25 m van de kustlijn. Dit geluidsdruk niveau is afhankelijk van de windrichting en windsnelheid.

Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen ligt het achtergrondgeluid tussen de 30 en 40 dB(A).

Op het gebied van geluid is er globaal gezien geen significante verandering te verwachten bij de autonome ontwikkeling van het gebied. Het onder watergeluid zal weinig evolueren doordat er geen noemenswaardige toename van de scheepvaart verwacht wordt in het projectgebied. Enkel de constructie en de exploitatie van de windparken van C-Power (Thorntonbank), Belwind (Bligh Bank) en Eldepasco (Bank zonder naam) zullen voor een verandering zorgen.

4.4.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.4.2.1 Constructiefase

Onder water

Bij de aanleg van het windpark zal vooral door het heien van de funderingen (monopile en de jacket fundering) een tijdelijke verhoging van de geluidsbelasting onder water in de omgeving voorkomen. Uit literatuurstudies volgt dat er gemiddeld een geluidsniveau van 250 dBp-p (re 1 μ Pa @ 1 m) aanwezig is tijdens het heien. Hieruit volgt dat er tijdens het heien van de funderingen op 20 km nog geluidsniveaus waargenomen kunnen worden die hoger zijn dan het achtergrondgeluidsniveau van 105 dB (re 1 μ Pa).

Boven water

Ook boven water zal de voornaamste geluidsbelasting tijdens de aanlegfase afkomstig zijn van het heien van de funderingen. Uit literatuurgegevens volgt dat een hydraulische heihamer met mantel een bronvermogen van ca. 101 dB(A) heeft waaruit volgt dat het berekende specifieke geluid (berekend met overdrachtsmodel IMMI 2010) op 420 m 35 dB(A) (het bepaalde achtergrondgeluid boven water ter hoogte van het projectgebied) is.

Als gevolg van de activiteiten tijdens de constructiefase (heien, varen...) zal er een tijdelijk verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn zowel boven als onder water. De impact van het tijdelijk gewijzigde geluidsklimaat op de aanwezige fauna wordt besproken in hoofdstuk 4.6 'Effectbespreking- en beoordeling voor de discipline fauna'.

4.4.2.2 Exploitatiefase

Onder water

Bij de beoordeling van het onderwatergeluid dient er wel opgemerkt te worden dat er hier een grote leemte in de kennis bestaat over de geluidsimmissie en –emissie van de gebruikte windturbines (3 MW tot 10 MW).

Het specifieke geluid van een windturbine bestaat vooral uit frequenties kleiner dan 1 kHz en een geluidsdrukniveau tussen <90 en 115 dBLeq re 1 μ Pa op 1 m afstand.

Er werd berekend dat op een afstand van 500 m (veiligheidszone) van de windturbine onder water het specifieke geluid van de windturbine onder water vermoedelijk gemaskeerd zal zijn door het achtergrondgeluid. Wanneer er onder water een maximum achtergrondgeluidsniveau van 195 dB (re 1 μ Pa) (bijvoorbeeld ten gevolge van seismische activiteit) voorkomt, zullen de windturbines slechts tot 50 m duidelijk detecteerbaar zijn. Bij deze conclusie wordt er verondersteld dat voor alle onderwaterfauna een maskeereffect van de waarneming van geluid optreedt dat vergelijkbaar is met het maskeereffect dat optreedt in het gehoor van de meeste landdieren. Bij hogere windsnelheden zal het specifieke geluid van de windturbine hoger worden, maar tegelijkertijd neemt ook het achtergrondgeluidsniveau toe door brekende golven en waterbeweging. Als besluit kan aangenomen worden dat het effect van het geluid van de windturbine onder water in het slechtste geval beperkt blijft tot het gebied tussen de turbines en niet buiten de 500 m veiligheidsgrens zal gaan. Een belangrijke opmerking is wel dat bij het voorbijvaren van een klein

schip reeds geluidsniveaus vastgesteld worden die meer dan 10 dB hoger zijn dan het gehanteerde maximale achtergrondgeluid. Het gaat hier dan wel om een tijdelijke verhoging van het geluidsniveau.

Boven water

In een matig belastende situatie plant het geluid zich driedimensionaal voort, en bereikt op een afstand van 0,5 - 0,8 km en op een afstand van 0,7 - 1,4 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A). Boven het wateroppervlak kunnen de windturbines tot op een afstand van 5 km hoorbaar zijn. Net zoals onder water zal het specifieke geluid van de windturbines boven water toenemen naarmate de windsnelheid stijgt, maar dan zal tegelijkertijd ook het achtergrondgeluidsniveau stijgen.

Algemeen kan er gesteld worden dat bij de dichtste afstand tot het windpark, waar boten mogen varen (500 m veiligheidsgrens rond het park) de windturbines waarneembaar zullen zijn met een geluidsniveau van ongeveer 50 dB(A). 50 dB(A) is vergelijkbaar met het geluid van licht autoverkeer op 30 m, regen, een koelkast, omgevingsgeluid in het bos.

Het berekende specifieke geluid in een matig belastende situatie (wanneer het geluid zich driedimensionaal voort plant) van het windpark zal aan de kustlijn en ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen lager liggen dan het gemeten achtergrondgeluid en bijgevolg niet detecteerbaar zijn.

4.4.2.3 Ontmantelingsfase

Als gevolg van de ontmantelingsactiviteiten zal er een tijdelijk verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn zowel boven als onder water. Er worden geen significante effecten verwacht.

4.4.3 Milderende maatregelen

Gezien de significant negatieve effecten die onderwatergeluiden geproduceerd tijdens heiactiviteiten kunnen uitoefenen op zeezoogdieren, dienen milderende maatregelen toegepast te worden om deze zeezoogdieren te beschermen. De milderende maatregelen met betrekking tot heiactiviteiten worden besproken in het hoofdstuk 'Zeezoogdieren'.

Doordat het aantal waarnemers op zee die de windturbines frequent zullen waarnemen zo beperkt is, lijkt het niet nuttig milderende maatregelen voor te stellen voor het bovenwatergeluid.

4.5 FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT

Het onderdeel Fauna en Flora behandelt vier verschillende groepen organismen namelijk het benthos (macro- en epibenthos), de vissen, de vogels en de zeezoogdieren. Daarnaast wordt nog een onderscheid gemaakt in organismen die leven op harde substraten en in zachte substraten.

4.5.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

4.5.1.1 Benthos en vissen van zachte substraten

Mariene bodemdieren of benthos spelen een belangrijke rol in het voedselweb (belangrijk prooiaanbod voor demersale vissen) en het ecosysteem. Ze dragen bij tot de biodiversiteit en de productiviteit van de zee. In deze studie wordt enkel aandacht besteed aan het epibenthos (> 1 mm; op bodem) en het macrobenthos (> 1 mm; in bodem). Door zijn geringe mobiliteit is het aanwezige macrobenthos een belangrijke indicator voor de 'gezondheid' van mariene systemen. Voor de vissen wordt in hoofdzaak gekeken naar de vissen die op of in de nabijheid van de bodem leven (demersale vissen) daar zij naar alle waarschijnlijkheid het meeste hinder zullen ondervinden van de geplande werkzaamheden. Voor de epifauna en visgemeenschappen wordt een onderscheid gemaakt tussen deze die voorkomen op de mobiele zachte substraten en deze die leven op harde substraten (funderingen, turbines, erosiebescherming).

De beschrijving van de referentie situatie en de effecten van het benthos (macro- en epi-) en de vissen van zachte substraten in het studiegebied is in de eerste plaats gebaseerd op de studies uitgevoerd in het kader van het C-Power project naar de referentietoestand op de Thorntonbank (De Maerschalck *et al.*, 2006) en de monitoring resultaten van jaar 1 (Reubens *et al.*, 2009b; Vandendriessche *et al.*, 2009) en jaar 2 (Coates & Vincx, 2010; Derweduwen *et al.*, 2010), gezien de nabijheid van deze bank (ca. 1 km). Vervolgens is een beroep gedaan op andere recente studies (incl. monitoringsrapporten) die data van verschillende onderzoeksprojecten gecompileerd hebben om te komen tot een gebiedsdekkende beschrijving van de benthosgemeenschappen op het Belgische deel van de Noordzee.

Langsheen de onshore-offshore gradiënt van het BDNZ worden 5 duidelijk afgescheiden **macrobenthos**gemeenschappen geïdentificeerd, genoemd naar de meest voorkomende soorten in deze gemeenschap. Daartussenin worden nog 6 overgangsgemeenschappen gedefinieerd. Deze worden elk gekenmerkt door karakteristieke soorten, diversiteit en dichtheid en worden elk in een specifieke en goedgedefinieerde omgeving waargenomen.

Het projectgebied vertoont een graduele overgang van de *N. cirrosa* gemeenschap naar de *O. limacina*-*G. lapidum* gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004; Degraer *et al.*, 2009b). De overgangsgemeenschap wordt gekenmerkt door een lage soortenrijkdom en dichtheid, typisch voor goedgesorteerde mobiele zanden. Mobiele borstelwormen (o.a. *Nephtys cirrosa*, *Ophelia limacina*, *Spiophanes bombyx*) en kreeftachtigen (o.a. *Bathyporeia guilliamsoniana* en *Urothoe brevicornis*) zijn typische soorten voor deze gemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004). Volgens de biologische waarderingskaart wordt het projectgebied gekenmerkt door een lage tot matige biologische en ecologische waarde (macrobenthos) (Deraus *et al.*, 2007).

Degraer *et al.* (2009b) toont wel aan dat het projectgebied mogelijks geschikt is voor de vorming van *Lanice conchilega* aggregaties (met een dichtheid > 500 ind./m²) en rijker is aan grind. Uit verschillende studies is gebleken dat deze gemeenschappen een rijke fauna en flora herbergen met een hoge soortenrijkdom, zowel van infauna als van epifauna op de stenen (Degraer *et al.*, 2009b). Die rijke gemeenschappen kunnen zich maar ontwikkelen in het geval dit habitat niet al te sterk aan natuurlijke en/of antropogene verstoring onderhevig is (o.a. bedelving door zand; cf. niet-mobiele substraten (Van Lancker *et al.*, 2007b) of bodemberoerende visserijtechnieken). Het biotoop, gecreëerd door *Lanice conchilega* aggregaties, vormt

zodoende een hotspot van biodiversiteit binnen de mobiele zachte substraten van het Belgische deel van de Noordzee (Rabaut *et al.*, 2007).

Noch op basis van hun biologische waarde en densiteiten (habitattype 1110 – zandbanken), noch op basis van de ruimtelijke verspreiding van *Lanice conchilega* en de grindbedden (habitattype 1170) zijn zowel de Thorntonbank als de Goote Bank echter weerhouden als potentieel habitatrichtlijngebied met bijzondere ecologische waarde (Degraer *et al.*, 2009b).

Alle analyses betreffende de soortensamenstelling, densiteit, biomassa, diversiteit en lengte frequentie van het **epibenthos** toonden een duidelijk verschil aan tussen de zandbankstations en de geulstations, waarbij hogere (tot zes keer hoger) densiteiten werden genoteerd in de geulen. Stalen uit geulen vertoonden echter wel een grotere onderlinge variatie dan zandbankstalen. De aangetoonde seizoenale, interannuele en ruimtelijke variatie was vooral het gevolg van wisselende proporties van een aantal algemene epibenthische soorten zoals de grijze garnaal, twee soorten slangsterren, heremietkreeft, zwemkrab, sepiola en dwergpijlinktvis. De geulen zijn dus over het algemeen rijker (densiteit en diversiteit) dan de toppen van de zandbanken voor het epibenthos, maar in vergelijking met de rijkere kustgebieden blijft het projectgebied toch van minder ecologisch belang.

Dezelfde redenering is geldig voor de **demersale visfauna** (geulen rijker dan banken, voornamelijk in lente). Belangrijke vissoorten in het voorjaar zijn sprout en haring (Haringachtigen), naast rasterpitvis. Het najaar werd overheerst door horsmakreel, kleine pieterman, beide pitvissen en dikkopje voor de Baarsachtigen en dwergtong en schar voor de Platvissen.

Naar alle waarschijnlijkheid zal het projectgebied minder belangrijk zijn voor de commerciële exploitatie van vis en garnaal dan andere dichterbij gelegen kustgebieden. Er blijft ook onzekerheid bestaan over het belang van het projectgebied als paaigebied, eventueel voor sprout en haring, en in iets mindere mate voor o.a. schar en dwergtong.

Voor de autonome ontwikkeling mag gesteld worden dat de benthosgemeenschappen en de demersale visfauna niet wezenlijk zouden veranderen indien geen windpark gebouwd en geëxploiteerd zou worden. Langetermijn trends en de recente monitoringsresultaten tonen namelijk geen significante wijzigingen in dominante soorten, enkel een algemene stijging in densiteit en soortenrijkdom. Andere activiteiten zoals visserij en aggregaatextractie, maricultuur..., net als de klimaatsveranderingen, kunnen echter wel een invloed hebben op deze gemeenschappen.

4.5.1.2 Epifauna en vissen van harde substraten

Momenteel komen in het projectgebied van Norther nog geen harde substraten voor. Weliswaar zijn er reeds 6 turbines geplaatst door C-Power die gezien hun dichte ligging relevant zijn voor de beschrijving van de referentiesituatie en de effectbespreking van het North Sea Power windpark (zowel voor het basisscenario als het cumulatief scenario). Daarom wordt er geopteerd om deze nieuwe toestand hier reeds aan te halen zodat de lezer nu reeds een duidelijk beeld krijgt van deze groep organismen.

De beschrijving van de referentiesituatie voor de **epifauna** is gebaseerd op de resultaten van Kerckhof *et al.* (2009; 2010). Verschillende onderdelen van een windpark vormen een geschikt substraat voor de aangroei van epifauna: delen van de turbines, de funderingen en de erosiebescherming.

Het kolonisatieproces van de eerste 6 windturbines in de Belgische mariene wateren verliep snel en intens. Na ongeveer 3½ maand bleek het subtidale deel van de fundering al volledig bedekt met een dichte begroeiing van epibionten en dat was ook het geval voor de intertidale zone (Kerckhof *et al.*, 2009). Een duidelijke dieptezonering (3 zones) is waar te nemen met een intertidale – spatzone, een overgangszone met *Jassa* en zeepokken en een uitgebreide subtidale zone (soortenrijkst) met o.a. het mosdier *E. pilosa* (korstvormend) en verschillende kleine mobiele soorten als krabben, kleine garnalen, wormachtigen, vlokreeftjes en zeeanemonen. In totaal werden 75 taxa (meestal soorten) geïdentificeerd waarvan 13 soorten alleen in het intertidaal werden aangetroffen. Tweeënvijftig soorten waren nog niet in eerder onderzoek aangetroffen. Naast de reeds vastgestelde dieptezonering, kon in de structuur van de aangroei-gemeenschap een sterke seizoenale invloed vastgesteld worden. In vergelijking met de resultaten van 2008 (Kerckhof *et al.*, 2009) werd de onderverdeling van de zonering in het intertidaal gedetailleerder: in de zomer van 2009 had zich in de *Jassa* – zeepokken zone een duidelijke mosselzone gevestigd en in de spatzone was een zone met gewone zeepokken (*Semibalanus balanoides*) ontstaan. Macroalgen bleven zeldzaam. Voor een aantal soorten blijft het onduidelijk of de waargenomen veranderingen in relatieve abundantie de afspiegeling zijn van een terugkerende seizoenscyclus dan wel van een meer geleidelijke verandering in de successie, al is vermoedelijk een combinatie van beide waarschijnlijker.

Een soortenaantal van 75 is in vergelijking met andere harde substraten vrij hoog voor het BDNZ zeker gezien de beperkte kolonisatieperiode van de funderingen. Ondanks verschillen in het substraat tonen deze eerste resultaten aan dat de globale structuur van de aangroei-gemeenschap op de funderingen op de windmolens op de Thorntonbank gelijkaardig is aan die aangetroffen op de funderingen van windmolens in Duitsland, Denemarken en Nederland en op andere harde substraten in de Noordzee (Kerckhof *et al.*, 2010). Bovendien werden verschillende minder bekende soorten voor de Belgische fauna aangetroffen. Daarnaast bleken 4 niet-inheemse soorten aanwezig: het muiltje (*Crepidula fornicata*), een grote roze zeepok (*Megabalanus coccopoma*), de dansmug (*T. japonicus*) en de Nieuw-Zeelandse zeepok (*Elminius modestus*) (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010). Het zijn alle vier opportunistische soorten die heel snel nieuwe, door de mens gemaakte of verstoorte substraten koloniseren. Ze waren reeds bekend van het BDNZ.

De eerste resultaten voor de **visgemeenschappen** van harde substraten in België werden verkregen door Reubens *et al.* (2010). Deze studie verschaft de eerste inzichten in het gebruik van offshore windturbines van het windpark op de Thorntonbank (Belgische deel van de Noordzee) door verschillende vissoorten, waarbij enerzijds gefocust werd op de aanwezige visgemeenschap en anderzijds op de trofische relaties tussen steenbolk (*Trisopterus luscus*) en het artificiële rif. In totaal werden zeven verschillende vissoorten aangetroffen, waarvan vier soorten regelmatig: steenbolk, kabeljauw, horsmakreel en makreel. De visuele observaties, uitgevoerd tussen juli en oktober, toonden aan dat een populatie van minimum 29 000 steenbolken (biomassa van $3,5 \cdot 10^3$ kg) aanwezig was rond één windturbine. De densiteiten varieerden tussen 7 en 74 specimens/m², met een gemiddelde densiteit van 18 ± 21 individuen/m² ter hoogte van de erosiebescherming. Een grote variatie in densiteiten was aanwezig tussen waarnemers en in de tijd. Lijnvisserij werd gedurende gans 2009 uitgevoerd om voedingsselectiviteit te onderzoeken. Een grote variëteit aan prooi-soorten was aanwezig in het dieet van steenbolk. De hard-substraatsoorten, het vlokreeftje *Jassa herdmani* en het gewoon porceleinkrabbetje *Pisidia longicornis* bleken hierin de

belangrijkste prooi-soorten te zijn. Deze soorten komen in zeer hoge densiteiten voor als epifauna op de funderingen van de windmolens (Reubens *et al.*, 2010).

Voor de autonome ontwikkeling mag gesteld worden dat het aantal harde substraten als potentieel habitat voor epifauna en vissen in de toekomst verder zal toenemen ten gevolge van het aantal (nieuw) vergunde windparken en de mogelijkheden die gecreëerd worden voor de productie van tweekleppige weekdieren in hangculturen (KB 07/10/2005). Tenslotte vormen ook wrakken een uitgelezen habitat voor epifauna en visgemeenschappen van harde substraten, maar hier wordt geen toename in aantal verwacht ('bergingsbeleid').

4.5.1.3 Vogels

De resultaten van recente zeevogeltellingen (2005-2009) tonen aan dat het deel van het BDNZ ter hoogte van de Goote Bank – Thorntonbank van groot ornithologisch groot belang is. Meerdere soorten zeevogels komen er in hoge dichtheden voor, zoals Jan-Van-Gent, Kleine mantelmeeuw, Drieteenmeeuw, Alk en Zeekoet (Vanermen & Stienen, 2009). Deze soorten kunnen als wijdverbreide en algemene soorten voor het BDNZ worden beschouwd, waarbij de zone waar het windpark wordt gebouwd niet van specifiek belang is, maar omwille van hun algemeen voorkomen worden zij toch als geschikte monitoringsoorten beschouwd (Vanermen *et al.*, 2010). Daarnaast is de Thorntonbank, die in de onmiddellijke omgeving van het projectgebied gelegen is, ook van belang voor enkele minder algemene en Europees beschermde zeevogels zoals Dwergmeeuw, Grote stern en Visdief. Deze drie soorten zijn namelijk Bijlage I soorten van de Europese Vogelrichtlijn. Zowel voor Grote Jager, als ook voor Roodkeelduiker, Fuut, Noordse stormvogel, Zwarte zee-eend en Zilvermeeuw is de Thorntonbank van minder belang.

4.5.1.4 Zeezoogdieren

Alle zeezoogdieren zijn beschermde soorten, waarvoor België verplichtingen op zich heeft genomen om ze te beschermen, en om negatieve impacten zoveel mogelijk te vermijden. Walvisachtigen en zeehonden zijn nl. soorten van de Europese Habitatrichtlijn Bijlage II en IV. Dit betekent dat ze niet opzettelijk mogen verstoord worden tijdens de overwintering, voortplanting en trek (artikel 12). Verder heeft België ook in het kader van ASCOBANS (Overeenkomst inzake de bescherming van de kleine walvisachtigen in de Oostzee en de Noordzee) aanvaard dat de partijen zouden streven naar het vermijden van significante verstoring, in het bijzonder van akoestische aard (Conservation and Management Plan in de Bijlage van de Overeenkomst) (Di Marcantonio *et al.*, 2007).

Tot en met 2003 werden zeezoogdieren slechts sporadisch waargenomen tijdens zeevogeltellingen in de Belgische mariene wateren. Sinds het voorjaar van 2003 echter worden in het Belgische Deel van de Noordzee (BDNZ) evenals in de Nederlandse wateren in toenemende mate zeezoogdieren gemeld, waarbij vooral de aantallen bruinvissen en witsnuitdolfijnen in het oog springen. Algemeen wordt aangenomen dat het hierbij niet gaat om een effectieve aantallentoename, maar om een verschuiving van de foerageergebieden van dieren uit noordelijkere regionen, hoewel ook andere oorzaken niet kunnen worden uitgesloten (Courstens *et al.*, 2006; Depestele *et al.*, 2008; Haelters & Camphuysen, 2009).

Het is zeer moeilijk om binnen het BDNZ migratiecorridors te bepalen of om gebieden aan te duiden die meer of minder belangrijk zijn voor zeezoogdieren, gezien de mobiliteit van de zeezoogdieren, het grote gebied waarover populaties voorkomen en het onvoorspelbaar karakter van hun voorkomen (Di Marcantonio *et al.*, 2007; Degraer *et al.*, 2009b).

De soorten die in de Belgische wateren als inheems beschouwd worden, zijn de bruinvis, de gewone en grijze zeehond, de tuimelaar en de witsnuitdolfijn (Haelters, 2009; 2010). Gezien de bruinvis in veel grotere aantallen dan de overige zeezoogdiersoorten voorkomt in het BDNZ, gezien verscheidene van deze overige soorten (zoals zeehonden) de gewoonte hebben dicht bij de kust te verblijven, en gezien de bruinvis zeer gevoelig blijkt te zijn voor verstoring, wordt de focus voor de effectbeschrijving gelegd op de bruinvis.

Tijdens de migratie maakt een groot deel van de Noordzeepopulatie van de bruinvis gebruik van het BDNZ. Daarom wordt het BDNZ seizoen als belangrijk beschouwd voor de bruinvis binnen Europa, voornamelijk in de late winter tot het vroegere voorjaar (Haelters, 2009; Haelters & Camphuysen, 2009; Degraer *et al.*, 2010b).

4.5.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.5.2.1 Benthos en vissen van zachte substraten

Constructiefase

De belangrijkste effecten voor het benthos en de vissen van zachte substraten tijdens de constructiefase zijn: verstoring/vernietiging van de habitat (biotoopverstoring), verlies aan organismen, verstoring door sedimentatie en turbiditeit, geluidsverstoring en trillingen ten gevolge van het heien van paalfunderingen. Met uitzondering van de vernietiging van biotoop en organismen, zijn de andere effecten tijdelijk.

Door de installatie van de funderingen en de erosiebescherming van de windturbines, de meetmasten en het OHVS wordt een gedeelte van de oorspronkelijk zachte biotoop (zand/klei met hier en daar grindbedden) door nieuwe structuren ingenomen (direct biotoopverlies). Dit verlies aan biotoop is sterk afhankelijk van het aantal structuren, het funderingstype en de dimensies van de erosiebescherming. Voor de monopile en de jacket fundering is het direct biotoopverlies per turbine respectievelijk 594 m² en 16 m², terwijl dit voor de gravitaire fundering 4.000 m² (50 m x 80 m) is. Indien gekozen wordt voor een statische erosiebescherming bij de monopiles zou voorafgaandelijk een nivellering van de zeebodem moeten gebeuren voor 15 monopiles, dit op de zones met grote zandgolven. In deze gevallen wordt het direct biotoopverlies ook op 4.000 m² per turbine (50 m * 80 m) geraamd. Al naargelang het type fundering zal het totale directe verlies aan zandig biotoop door het volledige windpark (incl. meteomast, OHVS) variëren tussen 0,08 ha (conf 3a (jacket)) en 20 ha (conf 3b (gravitaire)) of respectievelijk 0,002 % - 0,47 % van het concessiegebied. Bij de keuze voor statische monopiles (conf 1) of gravitaire funderingen (conf 3b) zal naast het directe biotoopverlies, een substantiële verstoring van het biotoop plaatsvinden door het -al dan niet tijdelijk- stockeren van het uitgebaggerde zand (indirect biotoopverlies) (1.530 m³/MP versus 58.500 m³/GBF). Afhankelijk van de keuze van stockage scenario, gaat voor het worst case scenario (configuratie 3b) 337 ha (dikte 1 m) of 86 ha (dikte 5 m) verstoord worden of respectievelijk 7,95 % (dikte 1 m) en 2,04 % (dikte 5 m) van het concessiegebied.

Er treedt duidelijk een schaalvergroting (tussen de 5 x (configuratie 1 (MP)) en de 100 x (configuratie 2 en 3a (JF)) op van het totale biotoopverlies (direct en indirect) bij de keuze voor gravitaire fundering ten opzichte van de monopile (MP) of jacket fundering (JF). Dit grote verschil is hoofdzakelijk te wijten aan het afwezig zijn of slechts beperkt voorkomen van indirecte biotoopverlies voor stockage van zand/klei bij de keuze voor een monopile of jacket fundering. Het scenario waarbij gekozen wordt voor een stockage van het uitgebaggerde zand (gravitaire) in een laag van 5 m betekent een daling van de verstoring met ongeveer 75 %. De totale biotoopverstoring (erosiebescherming + stockage) in het scenario 5 m stockage (meest waarschijnlijk) bij de gravitaire fundering (conf 3b) voor het concessiegebied (2,5 %) blijft relatief klein in vergelijking met de windconcessie zone (< 0,5 %) en zeker met het gehele BDNZ (< 0,05 %). Het projectgebied wordt bovendien niet gekenmerkt door speciale natuurwaarden waardoor er kan besloten worden dat het verlies aan biotoop voor benthische organismen voor de verschillende configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark een gering (0/-; conf 1, 2 en 3a) tot matig (-; conf 3b –stockage 5 m) negatief effect zal hebben voor het mariene ecosysteem en dus steeds binnen de aanvaardbare normen ligt. Gezien de beperkte toename van het biotoopverlies/verstoring ten gevolge van de reeds geplaatste turbines, kan in analogie met voorgaande redenering ook voor het basisscenario besloten worden dat het effect gering (0/-; conf 1, 2, 3a) tot matig (-; conf 3b) negatief zal zijn.

De plaatsing van de windturbine structuren en hun erosiebescherming (indien relevant) zal plaatselijk een verlies aan individuen tot gevolg hebben dat recht evenredig is met het verlies aan biotoop. Nagenoeg alle macrobenthos bevindt zich immers in de bovenste 10 cm van het sediment. Ook een deel van het epibenthos en de demersale vissen zullen beschadigd worden of sterven. Het betreft een rechtstreeks en onomkeerbaar effect. Indien gekozen wordt voor configuratie 1 (monopile) of configuratie 2 en 3a (jacket fundering), wordt het negatieve effect als verwaarloosbaar (0/-) beschouwd. In het geval van de gravitaire fundering (conf 3b) krijgen we een significant stijging van het verlies aan organismen voor de concessiegebieden (matig negatief effect (-)) ten opzichte van de twee andere funderingstypes, doch zal de invloed van de mortaliteit op de biomassa of op het functioneren van het plaatselijke ecosysteem (BDNZ) naar verwachting slechts een geringe (0/-) impact hebben. De eerste monitoringsresultaten van C-Power (6 GBF) blijken dit te bevestigen. Herkolonisatie van het verplaatste zand (stockage) zal bovendien in alle waarschijnlijkheid binnen het jaar plaatsvinden. Daarnaast is het zo dat een mogelijke sluiting van het gebied voor bepaalde activiteiten (zoals boomkorvisserij) een positief (+) effect zal hebben op zowel het benthos als het visbestand (refugium effect).

Tijdens de bouwfase zal het volledige concessiegebied algemeen verstoord worden. Deze verstoring zal voornamelijk het gevolg zijn van de productie van geluid en trillingen, het omwoelen van de zeebodem en de daaruit voortvloeiende wijziging in turbiditeit. De vertroebeling kan leiden tot het verstopping van de filtermechanismen van mariene organismen met mogelijks fatale gevolgen, maar kan ook de beschikbaarheid van prooien voor vissen verhogen. Ondanks dat de voorziene verstoring (sedimentatie) door de aanleg van het offshore windpark (bij gravitaire fundering) van vergelijkbare grootteordes zal zijn als de zandontginningsactiviteiten die plaatsvinden op de Noordzee, is de verstoring lokaal en tijdelijk. Bovendien is de aanwezige levensgemeenschap reeds goed aangepast aan het van nature zeer dynamische systeem, waardoor – analoog als de beschreven milieueffecten voor zandontginning - er een matig negatieve (-) invloed verwacht wordt door sedimentatie voor gravitaire fundering (conf. 3b). Voor de

monopile (conf 1) en jacket fundering (conf 2 en conf 3a) zal dit slechts een gering negatief (0/-) effect zijn gezien hier de hoeveelheden te verplaatsen zand veel lager liggen. Voor het basisscenario (incl. conf. 3b) wordt het effect eveneens als matig negatief (-) geëvalueerd, daar het slechts om 6 bijkomende gravitaire funderingen gaat van C-Power (bijkomende verstoring door de 55 monopiles van Belwind hier minder relevant).

Een belangrijke verstoring tijdens de bouwphase is de productie van geluid en trillingen ten gevolge van het heien (monopile/ jacket fundering), het kabelleggen en de toegenomen scheepstrafiek. De grootste hinder valt te verwachten van het heien van de palen (configuratie 1, 2 en 3a). Deze verstoring kan tot significante effecten (gehoorschade, bloedingen, sterfte, gedragsveranderingen) leiden bij bepaalde vissen. Naast de mogelijke effecten op adulte vispopulaties, kunnen ook de vislarven effecten ondervinden van hei-activiteiten. Volgens Prins *et al.* (2008; 2009) mag aangenomen worden dat mortaliteit optreedt binnen een straal van 1 km van de geluidsbron (worst case scenario gebaseerd op een hydrodynamisch model met gegevens over het transport van larven van haring, schol en tong). Er heerst echter nog grote onzekerheid omtrent de grootte van het effect en soortspecifieke gegevens zijn nog niet voor handen. Ondanks de onzekerheid is duidelijk dat het effect van het heien zal toenemen met het aantal te plaatsen turbines en met een toenemende diameter van de paal. Op basis van de beschikbare literatuur wordt het effect van heien op vispopulaties momenteel als significant negatief (--) (configuratiealternatief 1 (86 MP) en configuratiealternatief 2 (74 JF)) tot matig negatief (-) (configuratiealternatief 3a (47 JF)) beschouwd. Niettegenstaande de heiactiviteiten van relatief korte duur zijn, is het project waarbij gebruik gemaakt wordt van monopiles of jacket funderingen enkel aanvaardbaar mits toepassing van een aantal mitigerende maatregelen en een monitoringsprogramma, om de significant negatieve effecten zo minimaal mogelijk te houden. De impact van geluid bij een gravitaire fundering (configuratiealternatief 3b (47 GBF)) is praktisch onbestaande in vergelijking met de twee andere funderingstypes. Hier is namelijk enkel de geluidsverstoring van baggerende schepen van belang, die veel lager wordt ingeschat dan heigeluid. Verder experimenteel onderzoek naar verstoring door heiactiviteiten is hier echter wel wenselijk.

Exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase zijn de mogelijke effecten op het benthos en de demersale vissen van zachte substraten beperkt tot veranderingen in de hydro-fysico-chemische toestand (waterkwaliteit, hydrodynamische veranderingen) van het projectgebied en de geluidsverstoring door de turbines in werking en de geplande transporten naar het windpark (onderhoud, etc.).

Onderwatergeluid heeft waarschijnlijk de meeste invloed op vissen en zeezoogdieren (zie verder). Geluid speelt namelijk een rol in het detecteren en vangen van prooi, het communiceren, het verjagen van vijanden, etc. De emissies van geluid en trillingen in de mariene waterkolom kunnen leiden tot een gedragsverandering of een reductie van de habitatgrootte. De grootte van het effect of de schade, alsook de mate van gewenning, is mede afhankelijk van de gevoeligheid van een bepaalde vissoort voor het geluid. Het kwantificeren van de impact vereist dus soortspecifieke data en deze zijn voor het beschouwde gebied nog niet voorhanden. Uit de berekeningen in het hoofdstuk geluid, kwam men tot de vaststelling dat binnen de veiligheidszone (500 m) het onderwatergeluid (voor de meeste frequenties) vermoedelijk gemaskeerd wordt door het bestaande achtergrondgeluid, ongeacht het Norther configuratiealternatief. De meeste

vissoorten zullen dan ook geen hinder ondervinden. Ook de resultaten van een windpark in Denemarken en deze van scheepswrakken in de Noordzee geven niet direct een indicatie dat geluid en trillingen een negatieve impact veroorzaken op de visgemeenschap tijdens exploitatie. Sommige studies (o.a. rond windpark Egmond aan Zee) geven zelfs blij van een zekere aantrekkingskracht van het windpark voor bepaalde vissoorten. Verder onderzoek is wel aangewezen.

Ondanks de onzekerheid die bestaat rond kwantitatieve inschattingen van geluidseffecten op benthos en vissen tijdens de operationele fase van het windpark, kan verondersteld worden dat deze effecten van minder belang zijn en dat technologische verbeteringen mogelijks nog kunnen leiden tot verdere reducties van de impact. Voor alle beschouwde configuratiealternatieven wordt dit effect als onbestaande (0; benthos) tot gering negatief beschouwd (0/-; vissen).

Voor de verschillende configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark en de basisscenario's worden geen effecten verwacht voor het benthos en de vissen van zachte substraten ten gevolge van de andere vormen van verstoring tijdens de exploitatiefase.

Ontmantelingsfase

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingsfase gelijkaardig zullen zijn aan die van de bouwphase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn. De geluidsverstoring blijft bijvoorbeeld beperkt tot de geluiden geproduceerd door de betrokken scheepvaart en de ontmantelingsactiviteiten (afsnijden van turbines tot 2 m onder de zeebodem; weghalen gravitaire fundering). De significante geluidsverstoring ten gevolge van het heien (monopile/ jacket fundering) tijdens de constructiefase is tijdens de ontmantelingsfase niet meer aanwezig. Ook het biotoopverlies en het daarmee gepaard gaande verlies aan organismen blijft beperkt tot de oppervlaktes die effectief verstoord worden tijdens de ontmantelingsfase (geen indirect biotoopverlies meer ten gevolge van stockage (gravitaire fundering)). De effecten variëren van (vrijwel) geen effect (0) tot een gering negatief effect (0/-), afhankelijk van het configuratiealternatief (~aantal turbines, funderingstype).

Bekabeling

De belangrijkste effecten ten gevolge van de bekabeling voor het benthos en de demersale visfauna zijn biotoopverstoring, verhoogde turbiditeit, het ontstaan van elektromagnetische velden en de mogelijke opwarming.

Naast de parkbekabeling (tussen de 62 en 71 km, afhankelijk van configuratiealternatief), worden twee alternatieve kabeltracés voorgesteld door Norther. De exportkabel met aanlanding te Zeebrugge heeft een lengte van ca 24,1 km vanaf OHVS 1 (westelijk) en 24,6 km vanaf OHVS2 (oostelijk). Daarbij komt de afstand van 2,8 km tussen beide OHVS'en. Er van uit gaande dat de volledige werkzone als verstoord oppervlak kan aangezien worden, zal er een zone van < 0,1 km² (parkbekabeling, ca. 1 m sleuf) en ca. 0,25 km² (exportkabel, ca. 5 m sleuf) verstoord worden ongeacht het configuratiealternatief. Aangezien deze verstoring in vergelijking met het volledige BDNZ als beperkt in omvang kan aanzien worden en de werkzaamheden slechts tijdelijk van aard zullen zijn, wordt het effect van biotoopverstoring door bekabeling als verwaarloosbaar (0/-) beoordeeld.

De verhoogde turbiditeit die zal optreden door de voorbereidingswerken en het leggen van de kabels voor het North Sea Power windpark is van een veel kleinere grootteorde als deze beschreven tijdens de constructiefase en wordt als vrijwel onbestaande (0) beschouwd.

Tenslotte zal de transmissie van elektriciteit door zeekabels leiden tot het opwekken van elektrische en magnetische velden, die ook buiten de kabel detecteerbaar zal zijn. Deze elektromagnetische velden zijn afhankelijk van het type kabel en het vermogen van de kabel (33 – 36 kV parkkabels versus 150 kV à 220 kV export kabel). Elektromagnetische velden kunnen een effect hebben op bepaalde gevoelige soorten meer bepaald op hun oriëntatiegedrag, hun migratiegedrag, hun jachtgedrag en het algemeen voorkomen rond de kabels, maar uitgaande van de beschikbare kennis is de grootte van de impact en de oorzaak-effect relatie nog niet voldoende duidelijk (zeker voor 220 kV kabel). Het effect is het best gekend en het grootst voor de roggen en haaien die praktisch niet in het projectgebied voorkomen.

Op basis van dit gegeven, het lokale karakter van het effect en het gegeven dat ingraven tot 1 m (parkkabels) à ≥ 2 m (exportkabel) diepte milderend werkt (reductie met kwadraat van de diepte), kan voorlopig aangenomen worden dat er vrijwel geen (0; benthos) tot slechts een gering negatief (0/-; vissen) effect zal zijn.

De kabels die ingegraven worden zullen een zekere warmteafgifte bezitten. Wegens de diepteligging van de kabels, zal dit voor een beperkte en zeer lokale opwarming zorgen van de zeebodem aan het oppervlak. Het effect wordt als onbestaande (0; epibenthos en vissen) tot verwaarloosbaar beoordeeld (0/-; macrobenthos).

4.5.2.2 Epifauna en vissen van harde substraten

Constructiefase

De aanwezigheid van turbines, funderingen, erosiebescherming en meetmasten als kunstmatige harde laag zal leiden tot het ontstaan van een nieuw biotoop in een gebied waar voornamelijk zandige sedimenten voorkomen. De introductie van hard substraat – het zogenaamd reef effect – wordt beschouwd als het belangrijkste effect die de oprichting van windparken in het oorspronkelijke mariene milieu zal veroorzaken. Het zal leiden tot een verhoging van de habitat heterogeniteit, en het ontstaan van een nieuwe gemeenschap typisch voor harde substraten. Het zal bovendien de densiteit en de biomassa van bepaalde soorten doen toenemen.

Welke dier- en plantensoorten en in welke aantallen zij de kunstmatige structuren zullen bevolken, hangt af van de complexiteit en de hoogte van de structuur, de lichtinval, de waterdiepte en het soort materialen dat wordt gebruikt. Uit de eerste monitoringsresultaten van C-Power (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010) blijkt dat dit kolonisatieproces snel en intens verloopt. Reeds na ongeveer 3,5 maand bleek zowel het intertidale als het subtidale deel van de fundering al volledig bedekt met een dichte begroeiing van epibionten en was een duidelijke dieptezonering waar te nemen. De typische soorten van een eerste fase van een ecologische successie (de zogenaamde r-strategen) worden er teruggevonden. Bovendien wordt een hoge diversiteit vastgesteld in vergelijking met andere kunstmatige substraten in de omgeving. Er wordt verwacht dat deze initiële gemeenschap snel zal worden overgroeid en aanleiding zal geven tot veranderingen in het zonatiepatroon en nieuwe gemeenschappen. Hoogstwaarschijnlijk zal een mosselzone ontstaan en zullen ook kokerwormen en oesters zich vestigen. Naargelang de invalshoek kan dit effect zowel positief (o.a.

verhoogde biomassa en diversiteit, aantrekking voor vissen) als negatief (o.a. verstoring natuurlijk habitat, nieuwe 'schadelijke' soorten) beoordeeld worden.

De grootte van de impact –ongeacht of het nu positief of negatief geëvalueerd wordt, is op huidig ogenblik moeilijk in te schatten voor de offshore windparken op de Noordzee. De totale oppervlakte hard substraat is sterk afhankelijk van het funderingstype (al of niet voorkomen van erosiebescherming) en het aantal turbines. Het is duidelijk dat de oppervlakte geïntroduceerd hard substraat veel omvangrijker zal zijn in geval van een gravitaire fundering (conf 3b) dan bij een monopile (conf 1) of jacket fundering (conf 2 en conf 3a), én in het geval gekozen wordt voor configuratie 1 (groter aantal turbines). Het aandeel dat effectief beschikbaar is voor kolonisatie door organismen is – ongeacht het funderingstype- echter beperkt daar zowel de funderingen als erosiebescherming gedeeltelijk of volledig ingegraven liggen in de zeebodem en dus volledig bedekt zullen worden door het aanwezige zandige biotoop. Er kan dus verwacht worden dat ondanks de wijziging ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, het effect als aanvaardbaar (0/- of 0/+) kan worden beschouwd voor de verschillende configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark en de gedefinieerde basisscenario's (Norther + 6 GBF C-Power + 55 MP Belwind) gezien het beschikbare oppervlak voor de ontwikkeling van een nieuwe gemeenschap relatief gering is ten opzichte van het Belgische deel van de Noordzee ($\leq 0,01\%$).

Exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase zullen de mogelijke effecten op de epifauna en de visgemeenschappen van harde substraten beperkt blijven tot veranderingen in de hydro-fysico-chemische toestand van het projectgebied en mogelijke geluidsverstoring van de draaiende turbines, zoals besproken voor de fauna gemeenschappen van zachte substraten.

Ontmantelingsfase

Het ontmantelen van het windpark zou er dus toe leiden dat de harde substraten nagenoeg volledig verdwijnen. Opnieuw kan hier de vraag gesteld worden als dit als positief of negatief moet geëvalueerd worden daar enerzijds wel de oorspronkelijke staat van zandige substraten verkregen wordt, maar dit anderzijds wel leidt tot een verlies aan biodiversiteit en andere mogelijke functies die het artificieel rif tijdens de exploitatie heeft uitgevoerd (bv. kraamkamer, stepping-stone, aantrekking voor bepaalde organismen). Het effect kan hier echter nog niet van worden ingeschat daar momenteel slechts initiële resultaten beschikbaar zijn over het effect van de introductie van harde substraten in een overwegend zandig milieu.

Bekabeling

De belangrijkste effecten ten gevolge van de bekabeling voor het epibenthos en de demersale visfauna van harde substraten zijn biotoopverstoring, verhoogde turbiditeit, het ontstaan van elektromagnetische velden en de mogelijke opwarming. Deze zullen analoog zijn als diegene besproken voor het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten.

4.5.2.3 Vogels

Constructiefase

Tijdens de constructiefase worden er geen significant negatieve effecten verwacht op de aanwezige avifauna. De belangrijkste effecten zijn verstoring door sedimentatie, barrièrewerking en geluidsverstoring, maar zijn omwille van hun tijdelijk karakter en beperkte omvang als gering negatief (0/-) te beoordelen.

Exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase kunnen vogels op twee manieren hinder ondervinden van windturbines. In de eerste plaats kunnen zij met delen van de turbines (voornamelijk de rotorbladen) in aanvaring komen en daarbij gedood worden of gewond raken (aanvaringsaspect). Daarnaast kunnen vogels door de turbines worden verstoord (verstoringaspect), waarbij onderscheid gemaakt moet worden tussen directe effecten in de vorm van verlies aan geschikte broed-, foerageer- of rustgebieden door direct ruimtebeslag of beperking van de vliegroutes van de vogels en indirecte effecten door verstoring door de aanwezigheid, de beweging of het geluid van de turbines (verstoringaspect) (Stienen *et al.*, 2002).

Wat het aanvaringsaspect betreft, wordt dit effect vooral bepaald door de hoeveelheid vogels die er passeren (flux) en de vlieghoogte. Deze aspecten kunnen wel beïnvloed worden door de weersomstandigheden. Op basis van de reeds beschikbare monitoringsresultaten (Vanermen & Stienen, 2009) kan er verwacht worden dat vooral grote meeuwen (Grote mantelmeeuw, Kleine mantelmeeuw, Zilvermeeuw) (kans van 1/500) een grote kans op aanvaring vertonen door hun grootte en hun vlieghoogte. Andere soorten zoals Grote jager en Jan-Van-Gent zijn eveneens gevoelig voor aanvaring door hun grote formaat en lage wendbaarheid. Alk en Zeekoet vliegen nooit op rotorhoogte. Op basis van de huidige monitoringsresultaten worden er weinig verschillen verwacht m.b.t. aanvaring in relatie tot de types van windturbines. Er kan wel aangenomen worden dat hoe meer turbines er aanwezig zijn, hoe groter de kans op aanvaring zal zijn.

Wat de Bijlage I vogelsoorten betreft is het aanvaringsrisico voor Vissdief en Grote stern gering. Op grond van de lage verstoringgevoeligheid en het feit dat Dwergmeeuwen relatief laag over het water vliegen valt te verwachten dat de toekomstige inplanting van offshore windmolens in de trekroute van deze soort eveneens geen belangrijke impact zal hebben.

Als gevolg van de geluidsproductie van de draaiende windturbines wordt geen significant negatief effect verwacht t.o.v. de aanwezige vogels.

Ontmantelingsfase

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase en bijgevolg als gering negatief kunnen worden beoordeeld.

Bekabeling

Voor beide kabelalternatieven wordt de SBZ-V3 Zeebrugge doorkruist. Het gericht marien reservaat 'Baai van Heist' en de SBZ-H Vlake van de Raan (Europees aangemeld) worden niet doorkruist.

Als gevolg van de aanleg van de kabels kan er een tijdelijke verstoring van de SBZ verwacht worden. Deze verstoring zal het gevolg zijn van, enerzijds de aanwezigheid van de schepen die de kabel aanleggen en anderzijds de eigenlijke plaatsing van de kabels. Het leggen van de kabels zal een tijdelijke omwoeling van het sediment ter hoogte van de zone waar de kabel ingegraven wordt, tot gevolg hebben. Aangezien deze effecten tijdelijk en lokaal zullen zijn, worden er geen significante effecten verwacht ten opzichte van de SBZ en de daaraan gebonden vogelsoorten. Tijdens de aanlandingswerkzaamheden van de kabel van C-Power in Oostende werden eveneens geen grote verstoringen vastgesteld (Di Marcantonio *et al.*, 2009).

De aanwezigheid van de kabels zullen geen rechtstreekse effecten hebben op de zeevogels.

4.5.2.4 Zeezoogdieren

Constructiefase

Tijdens de constructie van het windpark kan voornamelijk een impact op zeezoogdieren optreden door verstoring. Verstoring treedt op als gevolg van toenemende turbiditeit van het water, onderwaterbewegingen, de aanwezigheid van schepen (druk scheepsverkeer) en machines, geluid en andere activiteiten op de zeebodem. Gezien het beperkt aantal bijkomende transporten in vergelijking met het bestaande scheepvaartverkeer in het BDNZ (voornamelijk ter hoogte van de scheepvaartroutes) en gezien de niet permanente invloed worden er geen bijkomende negatieve effecten in de vorm van verstoring verwacht ten gevolge van de algemene constructiewerkzaamheden van het windpark (Stienen *et al.*, 2002; Di Marcantonio *et al.*, 2009).

Het heien van monopiles daarentegen wordt verondersteld een significant negatief effect te hebben op zeezoogdieren in de nabijheid van de heilocaties. Bepalende factoren voor het optreden van effecten op zeezoogdieren ten gevolge van heiactiviteiten zijn het geluidsdrukniveau van de bron (dat sterk afhankelijk is van de diameter en lengte van de paal en dus ook van het type fundering), de waterdiepte en kenmerken van de bodem ter plaatse (bepalend voor de propagatie van het geluid), de duur van de heiactiviteiten en de periode waarin deze activiteiten plaatsvinden. Het heien van jacket funderingen wordt eveneens als significant negatief beoordeeld, ondanks verwacht wordt dat het geluidsdrukniveau onder water tijdens het heien van de dunnere palen van de jacket fundering lager zal zijn, maar een langere duur van de heiactiviteiten wordt voorzien. Verstoring kan bruinvissen en andere zeezoogdieren verdrijven uit gebieden die het meest geschikt zijn voor hun voedselvoorziening. Gezien de seizoenaal hoge dichtheid aan bruinvissen in Belgische wateren, en de afstanden waarop verstoring kan optreden, kunnen gedragveranderingen verwacht worden voor honderden tot duizenden dieren. Niettegenstaande de heiactiviteiten van relatief korte duur zijn, is het project waarbij gebruik gemaakt wordt van monopiles of jacket funderingen enkel aanvaardbaar mits toepassing van een aantal mitigerende maatregelen en een monitoringsprogramma, om de kans op gehoorschade en andere significant negatieve effecten bij zeezoogdieren zo minimaal mogelijk te houden.

In tegenstelling tot monopiles en jacket funderingen worden bij gravitaire funderingen geen palen geheid, waardoor er geen 'impulsieve' geluiden van een hoog geluidsniveau geproduceerd worden. De mogelijke gevolgen voor zeezoogdieren tijdens de constructiefase zullen minder negatief zijn bij het plaatsen van een

gravitaire fundering tegenover een monopile of een jacket fundering, gezien het ontbreken van heilactiviteiten (gering negatief).

Exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase wordt verwacht dat de effecten op zeezoogdieren (trillingen, geluiden, verstoring door onderhoudswerken, veranderingen in voedselbronnen) gering zullen zijn (0/-), maar gezien ze chronisch kunnen zijn gedurende een lange periode, is een monitoring van deze effecten wenselijk.

Ontmantelingsfase

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase in een worst case scenario van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase: er zal een verstoring van de zeezoogdieren optreden. Echter doordat er tijdens de ontmantelingsfase niet geheid en gebaggerd zal worden en de harde substraten (erosiebescherming, gedeelte van de palen) normaliter worden achtergelaten, zal die verstoring een minder negatief effect hebben dan in de constructiefase. De ontmanteling van het windpark wordt als gering negatief (0/-) ingeschat voor zeezoogdieren.

Bekabeling

Het aanleggen van de kabels in de constructiefase kan een verstoringseffect hebben op zeezoogdieren. Dit effect is echter tijdelijk, beperkt in omvang en wordt daarom als gering negatief (0/-) beschouwd. Na het leggen van de kabel zal de omgeving zich herstellen.

Tijdens de exploitatiefase zullen de kabels die het windpark met de kust verbinden een artificieel elektromagnetisch veld genereren, dat zou kunnen interfereren met de oriëntatiemechanismen van de zeezoogdieren. De kennis over de impact van elektromagnetische velden op zeezoogdieren is tot op heden beperkt of ontbrekend (geval 220 kV). De kans is echter gering dat zeezoogdieren zullen blootgesteld worden aan deze elektromagnetische velden. Daardoor lijkt het niet waarschijnlijk dat de elektromagnetische velden opgewekt door de kabels een effect zullen hebben op zeezoogdieren (0).

4.5.3 Milderende maatregelen

4.5.3.1 Invertebraten en vissen

Tijdens de bespreking van de effecten werden een aantal leemtes in de kennis vastgesteld: soortspecifieke invloed van geluid en trillingen, het effect van elektromagnetische velden en van de ontstane warmteontwikkeling. Ook de kennis over het belang van het projectgebied als paaigebied en over de impact van de introductie van hard substraat in het natuurlijke zandige biotoop is beperkt.

Gezien deze leemtes is het moeilijk om in detail milderende maatregelen uit te werken. De klemtoon wordt dan ook gelegd op een degelijk monitoringsprogramma (in afstemming met ander windenergie initiatieven) dat deze leemtes in de kennis tracht in te vullen.

4.5.3.2 Vogels

Voor het aspect avifauna worden er op basis van de huidige inzichten in de effecten als gevolg van de bouw en exploitatie van het North Sea Power windpark geen mitigerende maatregelen en compensaties voorgesteld.

Er wordt wel monitoring voorgesteld, die eventueel in een later stadium kan leiden tot mitigerende maatregelen. Ook op basis van de ervaringen en/of monitoring in het kader van de bouw en/of exploitatie van andere windparken op het BDNZ (vb. Belwind, C-Power, Eldepasco) kunnen eventueel door de bevoegde instanties milderende maatregelen voorgesteld worden.

4.5.3.3 Zeezoogdieren

Niettegenstaande de heilactiviteiten van relatief korte duur zijn, is het project waarbij gebruik gemaakt wordt van monopiles of jacket funderingen enkel aanvaardbaar mits toepassing van een aantal mitigerende maatregelen en een monitoringsprogramma. Het gebruik van een akoestisch afschrikmiddel en het toepassen van een 'ramp-up' procedure, waarbij de eerste heislagen met een minimale kracht worden gegeven en de kracht langzaam wordt opgebouwd, zijn mogelijke maatregelen. De doeltreffendheid van veel van de mogelijke mitigerende maatregelen wordt echter sterk in vraag gesteld (Boon *et al.*, 2010). Onderzoek naar deze doeltreffendheid is daarom aangewezen.

4.6 ZEEZICHT & CULTUREEL ERFGOED

4.6.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

De zee en het strand worden door de bevolking als positief ervaren. De kust is namelijk een belangrijke toeristische trekpleister in België, zowel voor de ééndagstoeristen als voor de verblijfstoeristen. In tegenstelling tot het zicht op zee wordt het zicht op de kustlijn in de richting van het binnenland gekenmerkt door een opeenvolging van hoogbouw. Beweging in het landschap veroorzaakt door vrachtschepen, vissers, recreatievaart, surfers, etc. vormen een onderdeel van de landschapsbeleving voor de mensen op de dijk. Vooral ter hoogte van de zeehavens is er een druk verkeer van af- en aanvarende schepen. Een ontwikkeling die in de toekomst een wijziging in het zeelandschap zal aanbrengen, is de (verdere) bouw van de momenteel vergunde windparken (C-Power, Belwind en Eldepasco).

Langsheen de kustlijn zijn een groot aantal al dan niet beschermde erfgoedwaarden gelegen. De belangrijkste zijn een aantal duin- en poldergebieden, pieren, vuurtorens, het fort van Napoleon, etc. Op zee bestaat het cultureel erfgoed voornamelijk uit scheepswrakken. Ter hoogte van de het concessiegebied van North Sea zijn geen wrakken gelegen. Langsheen de beide alternatieve tracés van de exportkabel zijn daarentegen wel verscheidene wrakken gelegen.

4.6.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.6.2.1 Constructiefase

Tijdens de bouw van de windturbines zal er een tijdelijke visuele wijziging van het zeezicht optreden ten gevolge van het af- en aanvaren van schepen met materiaal en ten gevolge van de aanwezigheid van platformen en installatieschepen ter hoogte van de bouwlocatie op zee. Ook op land kan het landschap tijdelijk wijzigen, wanneer ervoor geopteerd wordt om premontage van turbines en andere onderdelen van het windpark uit te voeren op een bouwlocatie in een nabijgelegen haven. De beleving van deze activiteiten kan zowel negatief (rustverstoring) als positief (toeristische attractie) beoordeeld worden. Gezien het tijdelijke karakter van de werken wordt de impact van de bouw van het North Sea Power windpark op het zeezicht als verwaarloosbaar (0/-) ingeschat.

De bouw van het windpark zal geen direct of indirect effect hebben op het cultureel erfgoed langs de kustlijn Knokke-Oostende. Gezien er geen wrakken aanwezig zijn ter hoogte van het North Sea Power concessiegebied worden er eveneens geen effecten (0) op het maritiem cultureel erfgoed verwacht door de bouw van het windpark.

4.6.2.2 Exploitatiefase

Bij optimale atmosferische condities zal het North Sea Power windpark (of ten minste een gedeelte ervan) waarneembaar zijn vanaf het strand van verscheidene kuststeden. Een windpark is vrij contrasterend met het bestaande zeelandschap en sluit niet aan bij de bestaande landschappelijke kenmerken van het zeezicht. Ondermeer door de verticaliteit van een windpark werkt de aanwezigheid ervan schaalverkleinend. De zichtbare aanwezigheid van het North Sea Power windpark zal daarom de beleving van het zeelandschap beïnvloeden. Uit een recent enquêteonderzoek (zomer 2009) kan niet eenduidig afgeleid worden dat deze beïnvloeding van het zeezicht grotendeels negatief ervaren wordt. Een doordachte keuze van de lay-out van de windturbines en het patroon en de oriëntatie van het windpark zijn factoren die de beleving en aanvaardbaarheid van windparken op zee positief kunnen beïnvloeden. De impact van de bouw van het North Sea Power windpark op het zeezicht wordt beoordeeld als gering (0/-) (configuratie 1 en 2) tot matig (-) (configuratie 3) negatief op basis van een realistische omgeving en het gegeven van een beperkt voorkomen van optimale atmosferische condities inzake zichtbaarheid. Het vooraf informeren van het grote publiek kan positief bijdragen tot de aanvaardbaarheid van een project en wordt als meerwaarde gezien.

Voor bebakening en verlichting wordt er steeds gewerkt volgens de IALA en ICAO Richtlijnen en volgens mogelijke bijkomende richtlijnen van de bevoegde instanties.

De exploitatie van het windpark zal geen directe of indirecte effecten hebben op het (maritiem) cultureel erfgoed.

4.6.2.3 Ontmantelingsfase

De effecten op het zeezicht en het cultureel erfgoed zullen tijdens de ontmantelingsfase gelijkaardig zijn als tijdens de bouwfase. Zoals hiervoor gesteld is, wordt dit effect als verwaarloosbaar (0/-) tot onbestaande (0) beoordeeld.

4.6.2.4 Bekabeling

De aanleg van de exportkabel(s) van het windpark naar de kust kan een impact hebben op het maritiem cultureel erfgoed, gezien er langsheen beide alternatieve tracés meerdere (gekende) scheepswrakken aanwezig zijn. Vanuit het standpunt van het maritiem archeologisch erfgoed gaat geen voorkeur uit naar een bepaald tracé aangezien er langsheen beide tracés wrakken gesitueerd zijn. Wanneer het ontwijken van scheepswrakken maximaal nagestreefd wordt, wordt het effect op het maritiem cultureel erfgoed tot een minimum (0) beperkt.

De offshore aanleg van de kabels heeft geen direct of indirect effect op het cultureel erfgoed langsheen de kustlijn Knokke-Oostende.

4.6.3 Milderende maatregelen

Het vooraf informeren van het grote publiek kan positief bijdragen tot de aanvaardbaarheid van de beïnvloeding van het zeezicht door het geplande windpark.

Om beschadiging van scheepswrakken te voorkomen, is het aangewezen om vóór de aanleg van de exportkabel(s) een side scan sonar survey (of een gelijkwaardig onderzoek) langsheen het gekozen kabeltracé uit te voeren, of ten minste gebruik te maken van reeds beschikbare relevante gegevens van surveys uitgevoerd voor de aanleg van andere exportkabels.

4.7 MENS

4.7.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

De Belgische mariene gebieden zijn een intens gebruikt gebied. Daarnaast is de zeebodem ook bezaaid met scheepswrakken en worden bepaalde gebieden beschermd omwille van hun natuurwaarden (Ramsar, Natura 2000, vogel- en habitatrictlijngebieden, SBZ...).

Het concessiegebied situeert zich volledig binnen de zone voorbehouden voor de ontwikkeling van windenergie (KB 17/05/2004, gewijzigd door KB 03/02/2011). De wetgever heeft met dit KB een duidelijk concrete invulling willen geven aan haar beleidsdoelstellingen inzake de ontwikkeling van groene energie en willen aangeven dat deze activiteit voorrang geniet op de andere activiteiten die zouden kunnen plaatsvinden in het gebied. Naast andere windenergie initiatieven is de zone afgebakend voor windparken of de nabije omgeving in gebruik voor zand- en grindwinning, visserij, gas- en pijpleidingen, militaire activiteiten, scheepvaart en voor recreatieve activiteiten. Het voorgestelde kabeltracé met aanlanding te Zeebrugge kruist de Speciale Beschermingszone te Zeebrugge (SBZ-V3) en de scheepvaartroute 'Het Scheur'.

Binnen de niet technische samenvatting hebben we ons beperkt tot het beschrijven van de activiteiten die effectief in het concessiegebied plaatsvinden. Gezien er geen potentiële interacties zijn met andere activiteiten in de nabije omgeving of verder op het BDNZ, zijn deze activiteiten hier niet verder opgenomen. In het hoofddocument van het MER wordt wel kort stil gestaan bij de activiteiten in de nabije omgeving.

Algemeen was de conclusie dat geen negatieve invloeden (0) verwacht worden van de bouw en exploitatie van het North Sea Power windpark, ongeacht het gekozen configuratiealternatief.

Visserij

De belangrijkste aangevoerde soorten zijn garnalen en demersale vissoorten met daarin vooral tong, rog en schol (Tessens & Velghe, 2010; Dienst Marien Milieu, 2009; Vanderperren & Polet, 2009). De vangst van kabeljauw, schar en wijting is minder belangrijk. De intensiteit van de visserij (vnl. boomkor) richt zich meer op de geulen tussen de zandbanken dan op de zandbanken zelf. Garnaalvisserij aan de ander kant zal zich dan weer eerder op de zandbanken oriënteren. Deze vindt voornamelijk plaats dicht bij de kust.

Zowel op internationale als nationale schaal heeft de visserij sector te kampen met socio-economische problemen door 1) een stelselmatige afname van de bestaande biomassa in de hogere trofische niveaus van het Noord-Atlantische gebied sinds 1950 en 2) een stijgende visintensiteit tussen 1950-1975. Onderzoekers zijn tot de conclusie gekomen dat de huidige visexploitatie niet kan aanhouden en dat het hoger trofische niveau van vissen met het oog op de tegenwoordige trends binnen enkele decennia volledig verdwenen zal zijn in het Noord-Atlantische gebied (Christensen *et al.*, 2002). Dit komt ook naar voren uit het feit dat het bestand van bijna alle soorten gerangschikt wordt als 'buiten de veilige biologische grenzen'.

Deze trend loopt grotendeels parallel met de Belgische visserij. Een verhoogde aanvoer werd alleen waargenomen tussen 1950 en 1955, waarna een stelselmatige daling in de aanvoer en vlootomvang werd opgetekend. Het aantal schepen bleef vrij constant tussen 1980 en 1990, maar begon vanaf 1993 af te nemen. De economische situatie in de Vlaamse zeevisserij baart de betrokkenen grote zorgen als gevolg van een jaarlijkse afnemende rendabiliteit. Een algemene achteruitgang in de winstcijfers is vast te stellen ten gevolge van een sterke stijging van de kosten (vnl. door stijgende gasolieprijzen) ten opzichte van de omzet (besomming).

Ontwikkelingen in het Europese Visserijbeleid laten vermoeden dat verder quotabeperkingen en flankerende maatregelen (zoals technische maatregelen en beperkingen in vaardagen) alleen maar een versterking van de hierboven geschetste trends tot gevolg zullen hebben op korte en middellange termijn.

Militaire activiteiten

Het concessiegebied North Sea Power vertoont geen overlap met de bestaande militaire oefenzones. De twee andere concessiegebieden die deel uitmaken van het basisscenario, met name Belwind en C-Power vertonen wel een directe overlap met de militaire zone waar schietoefeningen gebeuren op drijvende doelen. Deze oefeningen kunnen zowel overdag als 's nachts plaatsvinden gedurende het ganse jaar (weliswaar na aankondiging van de schietoefening). Tijdens deze activiteiten worden schepen verzocht om deze zone te vermijden. In voorgaande MERs werd reeds melding gemaakt dat er een akkoord binnen de regering bestaat dat er binnen de offshore windenergiezone (cfr concessie KB) geen militaire oefeningen worden gedaan eens de concessie (waar bij de aflevering defensie ook een advies geeft) verkregen is.

Kabels en pijpleidingen

Het concessiegebied North Sea Power wordt gekruist door 2 gaspijpleidingen en 3 telecommunicatiekabels, alsook door elektriciteitskabels van andere windparken. Eén van de gaspijpleidingen is de 'Interconnector' geëxploiteerd door Interconnector UK Limited, 235 km lang, die ongeveer 23,5 109 m³/jaar transporteert van Zeebrugge naar Bacton (UK). De tweede gaspijpleiding de 'Zeepijp' (814 km) verbindt Zeebrugge met het offshore olieplatform Sleipner Rise (Noorwegen) en geëxploiteerd wordt door Gasco. Naast gaspijpleidingen bevinden zich op het BDNZ telecommunicatiekabels. Van de kabels in gebruik kruisen er drie het concessiegebied North Sea Power waarbij steeds de voorgeschreven veiligheidsafstanden (250 m) gerespecteerd worden.

Momenteel wordt door ELIA een vergunning voorbereid voor het leggen van een elektriciteitskabel (HVDC Interconnector tussen UK en België) vertrekkende uit Richborough (UK) met aanlanding te Zeebrugge. Deze elektriciteitskabel zou actief in gebruik worden genomen tegen 2016. De aanleg van de elektriciteitskabel heeft geen directe gevolgen voor het concessiegebied North Sea Power, maar kan mogelijk een conflict veroorzaken ter hoogte van het aanlandingspunt te Zeebrugge (westelijke zijde), waar ook de exportkabels van Belwind, Eldepasco en Northor zullen aanlanden. Momenteel is een MER in opmaak voor de aanleg van deze kabel, en zijn publieke gegevens bijgevolg nog niet beschikbaar.

4.7.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

Visserij

Voor de beschrijving van de effecten op de visserij werd o.a. een beroep gedaan op de studie Mackinson *et al.* (2006) naar de visie van de visserij gemeenschap over de potentiële socio-economische effecten van offshore windparken op hun sector.

Het potentieel verlies van toegang tot de traditionele visgronden wordt algemeen ervaren als het belangrijkste negatieve effect van de ontwikkeling van windturbineprojecten op zee. De aanleg van het North Sea Power windpark (inclusief 500 m veiligheidszone) zou leiden tot een bijkomend verlies aan visgronden van 1,5 % voor het BDNZ. Wanneer ook rekening gehouden wordt met de concessiegebieden van C-Power en Belwind (het basisscenario) dan komt dit potentieel verlies neer op ongeveer 4 % van het BDNZ.

De impact ten gevolge van het beschreven Northor project is dus gering negatief (0/-) en is bovendien veel minder relevant dan het reeds vermelde inkomstenverlies ten gevolge van schommellende brandstofprijzen en de beperkingen opgelegd door het Europese visserijbeleid. Daarenboven heeft recent wetenschappelijk onderzoek aangetoond dat het afsluiten van kleine gebieden voor de boomkorvisserij, zou kunnen leiden tot een significant positieve invloed (++) op de visserij in de omgeving (stijging vangsten).

Naast het ruimtelijke verlies maken de vissers zich zorgen over de korte en langetermijneffecten tijdens de constructie en exploitatie fase. Tijdens de constructiefase wordt het heien van de palen (bij keuze monopile/jacket fundering) als belangrijkste oorzaak gezien voor veranderingen in het visgedrag, terwijl het plaatsen van funderingen (bij keuze gravitaire fundering) en het leggen van kabels voor sedimentverstoring zal zorgen. De belangrijkste effecten in de exploitatiefase zijn de veranderingen in het visgedrag ten gevolge van elektromagnetische stralingen uitgezonden door kabels en de introductie van harde substraten

(Mackinson *et al.*, 2006). Voor een bespreking van deze negatieve effecten wordt verder verwezen naar het hoofdstuk 'Fauna en flora'.

De elektriciteitskabel naar de kust heeft geen effect op de visserij, ongeacht het gekozen configuratiealternatief. Zij ligt voldoende diep om beschadiging van de kabels door vissersschepen te voorkomen.

Naast deze negatieve effecten op visserij, biedt de ontwikkeling van het North Sea Power windpark ook opportuniteiten namelijk het ontstaan van kraamkamergebieden en beschermde natuurzones. Daarenboven zal het afsluiten van een gebied voor de visserij onvermijdelijk leiden tot het uitblijven van de verstorende invloed van de boomkor die de bodem omwoelt en de organismen wegvangt (Dayton *et al.*, 2002; Frid *et al.*, 2002; Lindeboom 2002).

Tenslotte is er het positieve effect van een afgesloten gebied op de vissoort in de omgeving. Wetenschappelijk onderzoek (Roberts *et al.*, 2001) toonde aan dat ook kleine (10-25 km²) mariene reservaten een significant positieve invloed hebben op de visserij in de omgeving (bv. stijgende vangsten). Hoewel de toepasselijkheid van deze gegevens in het bijzondere geval van het BDNZ nog bewezen moet worden, bestaat er een aanzienlijke consensus binnen de wetenschappelijke wereld over het 'overvloed en kweek' effect van mariene beschermingsgebieden, dat in een netwerk van mariene reservaten nog intenser is.

Militaire activiteiten

Wegens de regelmatige communicatie met de bevoegde diensten van de Mariene, de beperkte intensiteit van militaire activiteiten en de recente aanpassingen van militaire gebieden worden er geen effecten verwacht ten gevolge van het North Sea Power project of van het basisscenario.

Kabels en pijpleidingen

De lay-out van het windpark North Sea Power wordt uitgetekend binnen het concessiegebied *sensu stricto* en houdt hierdoor rekening met de vereiste veiligheidszone ten opzichte van pijpleidingen (min. 500 m), telecommunicatiekabels (min. 250 m) en exportkabels van reeds vergunde windparken (min. 250 m). Voor bouwwerkzaamheden op een afstand van 500 tot 1000 meter langs elke zijde van de as van een pijpleiding zal de eigenaar bovendien geraadpleegd worden. Met betrekking tot de werken die uitgevoerd moeten worden alsook tot de gebeurlijke kruisingen van de leidingen zal North Sea conform de bepalingen van het KB van 12 maart 2002 (art. 15, 8°) met de eigenaars/exploitanten in overleg treden.

Op die manier mag aangenomen worden dat er zich geen effecten zullen voordoen op de bestaande kabels- en pijpleidingen ten gevolge van het inplanten en exploiteren van het North Sea Power windpark (inclusief offshore kabel).

Andere activiteiten

Met alle andere menselijke activiteiten op en in de Belgische mariene wateren worden geen conflicten verwacht tijdens de bouw en exploitatie van het North Sea Power windpark. De activiteiten situeren zich

immers op voldoende afstand van het windpark met bijhorende bekabeling of de activiteiten zijn temporeel van elkaar gescheiden.

Het enige conflict vanuit milieuoogpunt dat kan bestaan tussen het Norther project en de aangeduide beschermde gebieden bestaat uit het feit dat het offshore kabeltracé naar Zeebrugge doorheen de speciale beschermingszone SBZ-3 loopt. Uitgaande van de effectbeschrijving onder het hoofdstuk 'Fauna en Flora' en de uitgevoerde passende beoordeling in het kader van het KB 14/10/2005 zijn deze effecten tijdelijk en plaatselijk (0/-) waardoor geen significante gevolgen verwacht worden voor de beschermde natuurgebieden.

4.7.3 Milderende maatregelen

Er worden geen mitigerende maatregelen of compensaties voorgesteld bij de ontwikkeling van het North Sea Power windpark, inzake andere gebruikers.

4.8 VEILIGHEID

De referentiesituatie en de effecten op radar, scheepscommunicatie en positioneringssystemen, en de relevante milderende maatregelen zijn bepaald in een deelstudie door Prof. Catrysse (2011). De belangrijkste conclusies worden hier kort herhaald.

De beschrijving van de referentiesituatie en de effectbespreking en -beoordeling voor scheepvaart en olievervuiling wordt weergegeven in § 5.8 van de Niet-technische samenvatting ('Cumulatieve effecten' – 'Veiligheid').

4.8.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

4.8.1.1 Installaties

Momenteel zijn er nog geen installaties aanwezig ter hoogte van het North Sea Power concessiegebied.

4.8.1.2 Radar en scheepscommunicatie

Langsheen de Belgische en het zuidelijke deel van de Nederlandse kust is een keten van kustradars opgesteld, de zogenaamde Schelde Radar Keten (of SRK). Deze radars dienen de overheid te helpen bij het organiseren van het scheepvaartverkeer in het zuidelijke deel van het BDNZ, de Scheldemonding en de zuidelijke Nederlandse mariene kustwateren.

Het North Sea Power windpark bevindt zich in de zone bekend als 'Westpit'. Deze zone is gelegen voor de rede van Zeebrugge, tegen de grens met Nederland en op zowat 21 km van de radarinstallatie van Zeebrugge, ten zuid-zuidoosten van de Thorntonbank. Uit de gegevens verstrekt door o.a. SRK blijkt dat er belangrijk scheepvaartverkeer plaats vindt op route naar de haven van Zeebrugge, waarbij de SRK-havenradar van Zeebrugge deze trafiek opvolgen. De zone 'Westpit' zelf behoort net niet meer tot het 'officiële' observatiedomein van SRK, maar de mogelijke invloed van een windpark in de zone 'Westpit' dient toch in aanmerking te worden genomen. De grote route van het Kanaal naar Rotterdam ligt daarentegen

veel noordelijker dan de Bligh Bank, en kan helemaal niet meer opgevolgd worden door de radarstations van SRK (Catrysse, 2011).

4.8.2 Effectbeschrijving en –beoordeling

4.8.2.1 Installaties

De windturbines van het North Sea Power windpark zijn onderworpen aan verschillende classificatiesystemen. Teneinde tot een bepaalde klasse te behoren worden de turbines in hun geheel en op onderdelen gekeurd (bladen, gondel, elektrische installatie, mast en fundering). De windturbines beschikken over een typecertificering conform IEC 61400 of gelijkwaardig.

Inzake veiligheid is het van belang om na te gaan in welke mate objecten en activiteiten die zich in de nabijheid van turbines bevinden, kunnen geraakt worden door bv. een afbrekend rotorblad. De maximale werpafstand tijdens een overtoeren-situatie (2 keer nominaal toerental) voor een 3 MW windturbine blijkt ca. 400 m te zijn. Voor een 6 MW en 10 MW windturbine wordt verwacht dat de werpafstand in dezelfde grootteorde zal liggen. In principe wordt een dergelijk risico gedekt door de veiligheidszone van 500 m voor schepen rondom het windpark. De kans op het optreden van een overtoeren-situatie voor windturbines op land wordt ingeschat op eens om de 1.200 jaar.

Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbine en de offshore hoogspanningsplatforms (OHVS). De hoeveelheid aanwezige oliën in de turbine bedragen ca. 1000 liter per turbine (tandwielkast, hydraulisch systeem). Vermoedelijk zal voor de transformatoren die zich in de turbines zelf bevinden, gebruik gemaakt worden van het droge type en niet van oliegekoelde transformatoren. In de offshore hoogspanningsstations zullen wel transformatoren van het oliegekoelde type aanwezig zijn (1 of 2 stuks). Bovendien is er in de hoogspanningsstations een nooddieselgeneratorset en een dubbelwandige voorraadtank met dieselbrandstof (circa 30 m³) aanwezig. Het lekken van vloeistoffen (olie, vetten, etc.) uit de installaties wordt vermeden of beperkt door de aanwezigheid van diverse opvangsystemen (bakken, randen, inkuipingen) alsook door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties. Uitgaande van het gegeven dat deze opvangsystemen goed functioneren en gebouwd zijn volgens een goed (gecertificeerd) ontwerp, zal er geen negatief milieueffect zijn. Dit is niet het geval indien een windturbine zou omvallen ten gevolge van extreme klimaatcondities (kans is zeer klein, gezien de bestaande classificatie en certificeringssystemen) of ten gevolge van een aanvaring of een aandrijving door schepen (zie § 5.8 van de Niet-technische samenvatting).

Aangezien in, en in de onmiddellijke omgeving van, het windpark zich normalerwijze geen mensen bevinden, zijn de risico's en effecten op de mens niet bestaande. Hierbij wordt nogmaals opgemerkt dat arbeidsrisico's (die wel bestaan) niet in ogenschouw worden genomen.

4.8.2.2 Radar en scheepscommunicatie

Volgens Catrysse (2011) blijkt dat voor grote windturbines de mast de dominante factor vormt bij marifone systemen. Bovendien kunnen grotere reflecterende voorwerpen ook effecten veroorzaken (bv. dode zones, meervoudige reflecties, etc.). Deze effecten dienen evenwel gezien te worden in het kader van de positie van zowel de radio/radar systemen en de inplanting van de windturbines. Rekening houdend met de ligging

van het North Sea Power windpark ten opzichte van de kuststations, kan het mogelijke effect van verzadiging van de ontvanger enkel optreden in het geval van de scheepsradar (Catrysse, 2011). De inplanting van de windturbines binnen het North Sea Power windpark in de zone 'Westpit', zal de radaropvolging door SRK niet direct in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting buiten de reikwijdte van een aantal radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer dat zich voor deze inplanting in de zone 'Westpit' bevindt. Voor het gebied achter de het windpark North Sea Power gelegen, ontstaat voor een aantal radarstations wel een zone van schaduw en ontoereikend bereik.

Een aantal effecten zal geaccentueerd worden door de realisatie en de inplanting van andere offshore windparken, waarvan sommige nu reeds in uitvoering zijn. Hierbij wordt verwezen naar de bespreking en beoordeling van de cumulatieve effecten in § 5.8 van de Niet-technische samenvatting. Ook dient expliciet gesteld te worden dat het type windturbine geen noemenswaardige invloed zal hebben op deze situaties, alhoewel de grotere types leiden tot een meer open structuur van het windpark.

De invloed van mogelijke meervoudige reflecties met betrekking tot de scheepsradar is voelbaar binnen een zone van zowat 1 km afstand tot het windpark. Toch is het duidelijk dat mogelijke meervoudige reflecties geen a priori gevaarlijke situaties zullen opleveren, en meestal slechts een vals beeld binnen of in de onmiddellijke nabijheid van het park zullen opleveren. Er zal nooit een valse echo kunnen optreden, waarbij een vals beeld gevormd wordt tussen het schip en het eerste object in de nabijheid van het schip.

Voor de marifone VHF (very high frequency) communicatie kan gesteld worden dat enkel voor de verre communicatie naar de westelijke route en de verre routes enig voorbehoud dient gemaakt te worden. Maar ook hier is de werkelijke beperking eerder het bereik van de radio-installaties zelf. Er dient duidelijk gesteld dat voor het gebied tussen de kustlijn en de 'Westpit' er zich geen wijzigingen voordoen met de actuele toestand.

Voorts blijkt uit de studie van Catrysse (2011) dat de invloed van het North Sea Power windpark minimaal of onbestaande zal zijn op de volgende systemen:

- RDF (Radio Direction Finder) systemen
- DGPS systeem
- AIS (Automatic information system)

Volgens Catrysse (2011) kan algemeen gesteld worden dat de realisatie en inplanting het North Sea Power windpark in de zone 'Westpit' geen noemenswaardige invloed (effect = 0) zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet op de grote scheepvaartroutes.

4.8.3 Milderende maatregelen

Daar waar bij lekkages significante hoeveelheden olie of vet in zee terecht kunnen komen, kunnen adequate sensoren op geschikte locaties of regelmatige inspecties worden voorzien waarmee lekkages worden gedetecteerd. De operator kan het ontstaan van een lek op die manier snel signaleren en interveniëren, waarmee de vloeistoffen zo snel mogelijk uit de opvangbakken verwijderd kunnen worden.

Wanneer als gevolg van een defect of ongeval stoffen of materialen in zee terecht komen die een bedreiging zijn voor het milieu, moet getracht worden deze stoffen of materialen zo snel mogelijk uit het milieu te verwijderen en te verwerken of storten volgens de geldende reglementering.

5 CUMULATIEVE EFFECTEN

5.0 INLEIDING

De mogelijke effecten van een combinatie van meerdere windparken, kunnen in samenhang met andere menselijke activiteiten op zee leiden tot een cumulatie van effecten. Hierbij kan het gaan om een relatief simpele optelsom van alle effecten van de afzonderlijke activiteiten, maar het zou ook zo kunnen zijn dat bepaalde effecten elkaar versterken, of juist geheel of gedeeltelijk opheffen. Tenslotte kan het zo zijn dat afzonderlijke effecten weliswaar bij elkaar moeten worden opgeteld, maar dat dit niet leidt tot significante problemen voor het leven in en op zee en de betrokken habitats, totdat een vooralsnog onbekende drempelwaarde wordt overschreden, waarna plotseling wel significante problemen ontstaan. In dit laatste geval is er sprake van een niet-lineaire respons.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de mogelijke cumulatieve effecten ten gevolge van het North Sea Power windpark en de 3 reeds vergunde windparken in het Belgische Deel van de Noordzee (Eldepasco + Belwind + C-Power):

- C-Power NV heeft de nodige vergunningen (o.a. domeinconcessie, kabelvergunning en milieuvergunning) om ter hoogte van de Thorntonbank een windpark te bouwen en het gedurende 20 jaar uit te baten. In april 2004 zijn de nodige grondonderzoeken gestart. In 2008 is van start gegaan met het plaatsen van de eerste zes windturbines in zee, die momenteel reeds operationeel zijn. De verkregen concessie (MB 27/06/2003 en MB 03/02/2010) op de Thorntonbank is opgesplitst in twee gebieden: één ten Westen van de telecomkabel Concerto South1 en de Interconnector gasleiding (deelgebied A) bestaande uit 30 turbines en één ten Oosten (deelgebied B) bestaande uit 24 turbines. In totaal wordt een oppervlakte van 19,9 km² ingenomen voor een maximum geïnstalleerd vermogen van 325 MW.
- Eldepasco heeft een domeinconcessie (MB 15/05/2006; uitbreiding MB 24/03/2010) verkregen voor de bouw en de exploitatie van een windpark van 72 turbines (totale oppervlakte: 14,30 km²) op de Bank Zonder Naam gelegen op ca. 38 km van de Belgische kust, met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van 216 MW; het individueel vermogen van de windturbines zal 3 MW bedragen. De milieuvergunning werd toegekend in november 2009.
- Belwind heeft de nodige vergunningen (domeinconcessie, kabelvergunning en milieuvergunning) verkregen voor een grootschalig windturbine project (363 MW) op de Bligh Bank. Een domeinconcessie werd verkregen voor een oppervlakte van 35,4 km² (MB 05/06/2007). Het windpark zal bestaan uit 110 turbines van 3 MW, waarvan momenteel reeds 55 turbines geplaatst zijn.
- Op 5 oktober 2009 werd door de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie een domeinconcessie voor de bouw en exploitatie van een windpark aan Norther NV toegekend (met een oppervlakte van ca. 38 km²). Door Norther NV wordt een aanvraag ingediend voor het bekomen van een

wijziging van het concessiegebied. De wijziging bestaat uit een uitbreiding van het toegekende concessiegebied in zuidelijk richting, tot een totale oppervlakte van ca. 44 km². Waar in voorliggend MER gerefereerd wordt naar de domeinconcessie of het concessiegebied van North Sea Power, wordt steeds het uitgebreide gebied bedoeld. Het windpark wordt gebouwd op 20 tot 30 km van de kust, in een zone ten zuidoosten van de Thorntonbank langs de grens met Nederland. De noordelijke grens van het projectgebied ligt op ca. 1 km van de domeinconcessie van C-Power nv. Onderhavig MER dient ter ondersteuning voor de aanvraag tot het verkrijgen van de milieuvergunning en de vergunning voor de aanleg van de kabels voor het North Sea Power windpark.

- Tenslotte zijn er twee nieuwe initiatieven die recentelijk een domeinconcessie verkregen hebben voor de bouw en exploitatie van een windpark in de Belgische mariene wateren: Seastar (MB 24/03/2010) en Rentel (MB 04/06/2010). Deze vallen echter buiten de scope van dit milieueffectenrapport daar deze de vergunningsprocedure nog niet aangevat hebben.

Norther plant de bouw van het North Sea Power windpark in de periode 2014-2016. Rekening houdend met de huidige duur van de werkzaamheden en met de opgegeven planning van de andere windparken, is de kans reëel dat er een overlap zal plaatsvinden van de constructiefase van het North Sea Power windpark met de constructie van één of meerdere reeds vergunde windparken.

Enkel deze effecten die een niet verwaarloosbare (positief of negatief) invloed hebben op een bepaalde discipline zullen worden besproken. Er wordt namelijk verondersteld dat indien een bepaald effect totaal verwaarloosbaar is voor het milieu voor elk windpark afzonderlijk, ook het cumulatieve effect verwaarloosbaar zal zijn. Een uitzondering op deze regel kan worden gemaakt indien het effect van de windparken afzonderlijk dicht een bepaalde drempelwaarde benaderen, waardoor het cumulatieve effect zich in een andere grootteklasse van effecten (matig tot significant) bevindt.

5.1 BODEM

Indien gekozen wordt voor de gravitaire fundering voor het North Sea Power windpark, zal in totaliteit voor de vier vergunde windparken ca. 3,6 miljoen m³ zand gestockeerd worden ten gevolge van de benodigde uitgraving. Voor de andere windparken is uitgegaan van de huidige beslissingen rond het funderingstype: Belwind en Eldepasco (monopile); C-Power (combinatie gravitaire en jacket fundering). Deze stockage treedt gefaseerd in de tijd op: de bouw per park duurt 2 jaren, de bouwperiode per windpark zal verschillen. Ter vergelijking, op het BDNZ is er de voorbije jaren ongeveer een jaarlijks volume van 1,9 miljoen m³ aan zand- en grindextractie voor commercieel gebruik geweest, verspreid over een aantal locaties alsook ongeveer 16 miljoen m³ gebaggerd en terug in zee gedumpt op de voorziene stortplaatsen. Het cumulatieve effect zal kleiner zijn dan de som van de individuele effecten.

De impact op de morfodynamiek van het BDNZ door de aanleg van de kabels is verwaarloosbaar. Een gezamenlijke installatie van kabels (dichtbij elkaar gelegen trajecten) betekent een geringere impact dan indien elk van de vier projecten verschillende trajecten hanteert.

De lokale erosie door de constructies wordt voor de vier windparken tegengegaan door het a priori aanleggen van een erosiebescherming (met uitzondering van de jacket fundering voor het Norther

windpark). Bij de keuze voor monopiles kan besloten worden dat de erosiebescherming in alle gevallen voldoende groot is. Bij de keuze voor gravitaire funderingen is er enige onzekerheid wegens gebrek aan wetenschappelijk onderzoek en praktijkervaring en nemen de initiatiefnemers daarom een nog grotere veiligheidsmarge bij de afmetingen van de erosiebescherming. Het cumulatieve effect is zeker kleiner dan de som van de individuele effecten. Indien er toch lokale erosie optreedt, kan dit effect vrij eenvoudig weggewerkt worden door herstellen en bijkomend storten van erosiebescherming.

Indien de erosiebescherming verwijderd wordt, zal er in essentie een put ontstaan ter hoogte van elke fundering. Het herstel van de funderingsputten is op basis van de huidige kennis niet in te schatten in ruimte en tijd. Het cumulatieve effect zal niet groter zijn dan de som van de individuele effecten.

5.2 WATER

De constructie van de fundering zal, voor elke uitvoeringswijze en type fundering maar groter voor de gravitaire fundering, een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken met, in vergelijking met turbiditeitsconcentraties die van nature optreden tijdens stormen, een verwaarloosbaar effect (0/-). Het cumulatieve effect is de som van de individuele effecten.

De impact van de aanleg van de parkkabels en de exportkabels naar land is zeer tijdelijk en lokaal. Een gezamenlijke en dus gelijktijdige installatie van kabels (zelfde trajecten) zou een geringere impact(zone) betekenen dan indien elk van beide projecten verschillende trajecten hanteert of kabels legt langs hetzelfde traject maar op een ander tijdstip.

5.3 KLIMAAT & ATMOSFEER

Een belangrijk effect tijdens de exploitatiefase zijn de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van de windparken niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt.

De vermeden emissies van elk windpark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO₂, NO_x en CO₂. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van de individuele bijdragen (significant positief effect), met name 3 % voor SO₂, 1,8 % voor NO_x en 2,4 % voor CO₂.

5.4 GELUID & TRILLINGEN

Het geluid van het heien van funderingspalen kan onder water tot op een relatief grote afstand propageren met slechts een geringe attenuatie. Maar gezien dat bij het heien een impulsgeluid (niet continue) wordt voortgebracht en de heiactiviteiten slechts tijdelijk voorkomen, zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windpark. De kans dat de puls van het heien ter hoogte van verscheidene windparken samen valt is namelijk zeer klein.

Tijdens de exploitatie blijft het onderwatergeluid van de windturbines beperkt tot het gebied tussen de turbines en overschrijdt de veiligheidsgrens van 500 m rond het windpark niet; het cumulatieve effect is bijgevolg gelijk aan de som van de individuele effecten.

Enkel tussen het Belwind en het North Sea Power windpark ter hoogte van het Eldepasco en het C-Power windpark zal het geluidsniveau iets hoger zijn bij de cumulatieve werking van de 4 windparken samen (> S). Daar er slechts een gering negatief effect verwacht wordt van de individuele windparken zal er ook slechts een beperkt effect aanwezig zijn van het geluid boven water afkomstig van de 4 windparken.

5.5 FAUNA & FLORA

Voor de meeste effecten op benthos en vissen (biotoopverlies/ verstoring, verlies organismen, introductie hard substraat, geluid) geldt dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijk effecten per windpark. Deze zijn bovendien vaak recht evenredig met het ruimtebeslag. De totale oppervlakte van de vier parken samen (inclusief veiligheidszones) blijft relatief klein t.o.v. het BDNZ (4,6 %). Gezien de meeste effecten zich slechts voordoen op een beperkt deel van de domeinconcessies (gravitaire > monopile/multipode/jacket) kan algemeen besloten worden dat de effecten aanvaardbaar zullen zijn. Er heerst nog een grote onzekerheid omtrent de grootte van het cumulatieve effect van geluidsverstoring onder water en elektromagnetische straling ten gevolge van de bekabeling. Verder onderzoek is aangewezen.

Met betrekking tot vogels kan verwacht worden dat de aanwezigheid van een groot aantal windparken in een relatief kleine zone een licht verhoogde mortaliteit van zeevogels op populatieniveau tot gevolg kan hebben. Ook al vallen er waarschijnlijk relatief gezien weinig aanvaringsslachtoffers, dit kan op lange termijn toch een significant effect hebben op de populatie van bepaalde soorten (Drewitt & Langston, 2006). De aanwezigheid van de windparken kan voor verstoringgevoelige zeevogelsoorten bovendien een verlies van habitat betekenen. Dit is voornamelijk het geval tijdens de winterperiode, waarbij grote aantallen zeevogels zich op het BDNZ concentreren vooraleer ze naar hun broedgebieden trekken. De aanwezigheid van de windparken kan tevens een vermindering van foerageergebied betekenen voor bepaalde verstoringgevoelige vogelsoorten, of een barrière-effect teweeg brengen dat vooral van belang is ten aanzien van de migrerende vogels. Deze cumulatieve effecten kunnen echter op basis van de huidige gegevens niet eenduidig ingeschat worden. Bijkomend onderzoek is noodzakelijk.

Voor zeezoogdieren wordt verwacht dat de meeste cumulatieve effecten (verstoring, geluid, fysische aanwezigheid windparken, wijziging in voedselbeschikbaarheid...) de som van de afzonderlijke effecten zullen zijn. Er zijn echter veel leemten in de kennis.

5.6 MENS

In het hoofdstuk 'Mens' werd reeds aangegeven dat het potentieel verlies van toegang tot de traditionele visgronden in het algemeen ervaren wordt als het belangrijkste negatieve effect van de ontwikkeling van windturbine projecten op zee. Naarmate meer windparken gerealiseerd worden, neemt het verlies aan visgronden evenredig toe. Indien we uitgaan van de ruwe schatting dat 85 % van het BDNZ kan bevestigd

worden (Ecolas, 2003), zou dit neerkomen op een bijkomend verlies voor de traditionele visserij van ongeveer 5 % ten gevolge van de 4 windparken indien een veiligheidszone van 500 m rond de concessiegebieden in rekening wordt gebracht. Ten opzichte van het beviste gebied van de Noordzee (ca. 171.500 km² (Grontmij, 2006b)) gaat ongeveer 0,1 % verloren. Daarnaast kan de afsluiting van een groot aaneengesloten gebied (windconcessie zone) ertoe leiden dat de vaartijd van vissersschepen toeneemt.

Een duidelijk verspreidingspatroon van de visgebieden en de paaigebieden van de vissen is niet beschikbaar voor de Belgische mariene gebieden. Momenteel is er een BELSPO studie lopende (LEKOFISH) die op basis van lokale visserijkennis een inzicht tracht te krijgen in deze traditionele visserijgebieden. Gebaseerd op algemene gegevens van de beschikbare studies zijn zowel de Thorntonbank, de Bligh Bank als de Bank Zonder Naam van minder belang voor de Belgische visserij. Op basis van deze gegevens wordt het cumulatieve effect (beperkte omvang, permanent karakter) van verlies aan traditionele visserijgronden door de windparken als matig negatief ingeschat en dus als aanvaardbaar beoordeeld. Daarnaast kan genoteerd worden dat de Belgische visserijsector reeds onder zware druk staat door het Europese visserijbeheer (opgelegde TAC's en quota, beperkingen visserij-inspanning), en dat het beschreven cumulatief effect door de windparken hierbij gerelativeerd kan worden.

Naast het ruimtelijke verlies spelen de cumulatieve korte en langetermijneffecten tijdens de constructie en exploitatie fase op de vissen een rol voor de visserijsector. Mogelijke cumulatieve negatieve effecten worden veroorzaakt door het heien van de palen (monopile, jacket/multipode) en het ontstaan van elektromagnetische stralingen (kabels). Momenteel bestaat er nog veel onzekerheid rond de impact van deze effecten. Voorlopig wordt dit effect als significant negatief (heigeluid tijdens constructie) tot gering negatief (elektromagnetische straling) ingeschat, maar verder onderzoek is wenselijk. Mits gebruik van mitigerende maatregelen kunnen beide effecten als aanvaardbaar beoordeeld worden.

Daartegenover staat dat een afsluiting van het windconcessiegebied voor (boomkor)visserij en scheepvaart een positief effect kan hebben op de vispopulaties. Ook de introductie van harde substraten kan resulteren in een toename van vis. Momenteel zijn deze laatste aspecten opgenomen in het monitoringsprogramma van de vergunde windparken, maar tot op heden zijn hier nog geen resultaten over gekend.

Gezien de aanleg van het North Sea Power windpark zal gebeuren volgens de geldende richtlijnen, worden er geen negatieve cumulatieve effecten verwacht voor de andere gebruikers van de Noordzee.

5.7 ZEEZICHT & CULTUREEL ERFGOED

De bouwperiodes van de diverse windparken kunnen deels overlappen waardoor de verstoring van het zeezicht tijdens de constructie (door het af- en aanvaren van schepen enerzijds en het uitvoeren van de bouwwerkzaamheden op zee) zal verminderen in duur, maar wel een verhoogde intensiteit van verstoring met zich mee zal brengen. Voor het cumulatief effect van de aanwezigheid van de diverse windparken op het zeezicht zijn de dichtst bijgelegen windparken (North Sea Power en C-Power) van belang gezien deze het zeezicht vanaf de kust bepalen. Door de combinatie van meerdere windparken zal een zekere 'verdichting' van de zone in het gezichtsveld optreden, waarbij het met het stijgende aantal windturbines in de gehele windparkzone steeds moeilijker zal worden om afzonderlijke windturbines te onderscheiden. Dit

egalere beeld kan positiever ervaren worden in vergelijking met het zicht op de windparken afzonderlijk, maar het omgekeerde effect is eveneens mogelijk, waarbij een groter aantal turbines als 'drukker' ervaren wordt. Doordat de verscheidene windparken gefaseerd gebouwd worden, is het mogelijk dat een langzame gewinning zal optreden aan het wijzigende zeelandschap, waarbij na volledige finalisatie van de vier projecten de impact als minimaal wordt beschouwd. Concentratie van de verscheidene windparken in één juridisch afgebakende zone beperkt de omvang van het impactgebied zo veel mogelijk, en bovendien kan een hogere energieproductie verkregen worden met slechts een beperkte toename aan zichtverstoring. Tenslotte moet een afweging van het effect geplaatst worden in het ruimere energie kader, hierbij rekening houdende met de nadelige effecten van de klassieke energieproductie (bv. nucleaire afvalproblematiek kerncentrales). Het cumulatieve effect wordt dan ook als aanvaardbaar ingeschat.

Het cumulatief effect op het cultureel erfgoed is verwaarloosbaar.

5.8 VEILIGHEID

De referentiesituatie, effecten voor en door de scheepvaart en de relevante milderende maatregelen zijn bepaald in een deelstudie door MARIN (2011). De belangrijkste conclusies worden hier kort herhaald. Daarnaast worden binnen dit hoofdstuk ook de gevolgen van accidentele olieverontreiniging besproken op basis van voorgaande studies. De cumulatieve effecten op radar, scheepscommunicatie en positioneringssystemen zijn bepaald in een deelstudie door Prof. Catrysse (2011). De belangrijkste conclusies worden kort herhaald in § 5.8.3 van de niet-technische samenvatting.

Voor de discipline 'Veiligheid' zijn naast de reeds vergunde windparken, ook de twee nieuwe parken (Rentel, Seastar) die een domeinconcessie verkregen hebben in rekening gebracht. Voor de effectbespreking van de scheepvaartveiligheid is uitgegaan van twee scenario's (scenario 1. de vier vergunde parken; scenario 2. de vier vergunde parken + Rentel en Seastar), waarbij telkens twee inrichtingsvarianten van het North Sea Power windpark (configuratie 1 & 2) zijn doorgerekend. De derde configuratie van Norther (47 windturbines van 10 MW) is niet beschouwd omdat deze configuratie een aanzienlijk lager risico zal opleveren dan configuratie 2 daar het aantal turbines (meest bepalend risicofactor) veel kleiner is dan bij configuratie 2. Er is wel een hoger risico per windturbine door de grotere afmeting, maar dit blijft beperkt.

5.8.1 Scheepvaartveiligheid: referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Het Belgische Deel van de Noordzee wordt gekenmerkt door een zeer intens scheepvaartverkeer. Uit de studie van Marin (2011) blijkt dat het scheepvaartverkeer in het concessiegebied goed wordt verzameld door het AIS ontvangststation in Westkapelle. De belangrijkste scheepvaartroute is OW georiënteerd richting de Schelde (Zeebrugge).

Uit voorgaande studies (Ecolas NV, 2003; Le Roy *et al.*, 2006; DNV, 2008) blijkt dat de raming van scheepsongevallen in de Belgische territoriale wateren een zeer moeilijke berekening is. De getallen variëren van meerdere aanvaringen per jaar tot minder dan 0,0005/jaar afhankelijk van het beschouwde gebied, het scheepstype en het type accident (aanvaring/aandrijving; met een schip/platform) dat in overweging genomen wordt. Een inzicht in de werkelijke kans op een ongeval op het BDNZ is moeilijk in te

schatten. Verder blijken vooral RoRo (Roll on/Roll off) schepen, vrachtschepen en in minder mate ook containers, betrokken te zijn bij een aanvaring tussen 2 schepen (DNV, 2008).

Analoog hiermee, blijkt een grote variatie te bestaan voor de inschatting van het aantal accidenten die effectief aanleiding geven tot milieuverontreiniging. In de RAMA-studie (Le Roy *et al.*, 2006) wordt vermeld dat de kans op een accident met een lozing van gevaarlijke goederen (milieuverontreiniging) op eens om de 3 jaar ingeschat wordt. Dit aantal wordt eerder als een overschatting beschouwd omwille van allerlei redenen (o.a. karakteristieken van het model in combinatie met het zandbank-systeem). MARIN (2011) berekende die kans op eens om de 31 jaar. In Ecolas NV (2003) wordt vermeld dat BMM 3 incidenten met milieuvervuiling per 100 jaar, of eens om de ca. 30 jaar, als een aanvaardbaar risico beschouwd.

Omwille van die onzekerheid moeten de cijfers met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Aangezien er blijkbaar geen eenduidige conclusie bestaat over de risico's van accidenten en incidenten in de zuidelijke Noordzee, zal vergelijking met het bijkomende risico veroorzaakt door het project moeilijk te interpreteren zijn.

5.8.2 Scheepvaartveiligheid: bespreking en beoordeling cumulatieve effecten

Het gebied van het windpark indien het eenmaal gebouwd is, vormt een 'verboden' gebied voor alle scheepvaart (met uitzondering van reparatie/onderhoudsvaartuigen). Het is dus goed mogelijk dat schepen een andere route moeten volgen dan voor de bouw van het windpark. Vergeleken met de huidige situatie waarin windparken Belwind, Eldepasco en C-Power worden verondersteld aanwezig te zijn, zorgt de aanwezigheid van windpark North Sea Power echter niet voor veranderingen van verkeersstromen rond de windparken.

De windturbines aan de zuidoostelijke rand van het North Sea Power windpark hebben een relatief hoge aanvaarkans vergeleken met de overige turbines. Deze turbines liggen het dichtst bij de route van en naar Maas West die langs het park loopt. Verschillen in de kans op aanvaringen/aandrijvingen worden voornamelijk bepaald door de configuratie; de keuze van de fundering heeft een duidelijk effect, maar het aantal turbines is het meest bepalend. Ondanks het gebruik van jacket funderingen hebben de varianten met 6,15 MW turbines toch een lagere aanvaringskans per geleverde eenheid energie. Het al dan niet aanwezig zijn van windparken RENTEL en SEASTAR heeft voor het North Sea Power windpark nauwelijks effect.

De kans op aanvaring door routegebonden schepen is voor het North Sea Power windpark wordt geschat op eens om de 12 (conf 1; MP) tot eens om de 11 (conf 2; JF) jaar, maar is relatief hoog in vergelijking met de andere parken in de omgeving met uitzondering van het Belwind park dat vergelijkbare aanvaringskansen vertoont. De totale aanvaar- en aandrijfkans van het North Sea Power windpark varieert van 32,4 % tot 38,7 % van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windparken in de scenario's.

De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein. Er wordt dan ook ruimschoots aan de criteria voor het extern risico, zowel het individueel als het groepsrisico, voldaan.

Indien geen windparken in de BDNZ aanwezig zijn, wordt de totale uitstroomkans op eens om de 31 jaar geschat. Hierbij zou voor een gemiddelde aan 6,1 m³ bunkerolie en 164,2 m³ ladingolie uitstromen. De uitstroomfrequentie van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een turbine van het North Sea Power windpark in de cumulatieve variant NSP_sc2_conf1 (= 4 vergunde windparken + Rentel +

Seastar; incl. Norther conf. 1) is ca. 8,3 % van de uitstroomkans op de Belgische Noordzee zonder windparken. Afhankelijk van de beschouwde cumulatieve variant bedraagt het aandeel van het North Sea Power windpark 15 % à 20 % van de totale uitstroom ten gevolge van de overige windparken (gemiddeld 20 m³/jaar).

De gemodelleerde uitstroom van olie is een 'worst case' benadering. Doordat het percentage tankers met een dubbele huid toeneemt, zal de kans op een uitstroom van olie na een aandrijving met een windturbine afnemen.

Op basis van extrapolaties van bestaande modelstudies (Kleissen, 2003; Boot, 2003) blijkt dat de eerste oliedeeltjes afkomstig bij een aanvaring met het North Sea Power windpark (op ca. 20 km afstand van de kust) na ongeveer 11 uur (bij 3 % wind frictie) op de Belgische kust aanspoelen. Dit tijdstip van aanspoelen is voornamelijk windgedreven. Bij eenzelfde lozing onder springtijcondities zal een grotere lengte van het strand besmeurd worden met olie. Bij een hogere windfrictie (5 % wind frictie) zullen de eerste oliedeeltjes aanspoelen na ongeveer 7 uur. Er is dus een relatief korte tijd om tussenbeide te komen in het geval van een olielozing.

Vooraf de avifauna, en mogelijks ook zeezoogdieren, zullen de belangrijkste kortetermijneffecten ondervinden door olieverontreiniging. De impact van een lozing op het vogelbestand is enerzijds een functie van de aanwezige soorten, hun densiteit en kwetsbaarheid en anderzijds van de vervuilde oppervlakte. Voor het worst-case scenario (windsnelheid 17 m/s; impactgebied van 47 km² kust), verwacht het model tussen de 300 en 400 dode vogels (Ecolas NV, 2003). Het aantal slachtoffers stijgt tot 669 bij een wind van 10 m/s en tot 1.117 bij een wind van 7 m/s (Di Marcantonio *et al.*, 2009). De gemodelleerde verliezen aan strandvogels blijven verwaarloosbaar. Naast de directe slachtoffers die een ramp veroorzaakt, zijn er ook mogelijks negatieve gevolgen voor de populatie (langdurig effect). Het is echter niet altijd eenvoudig het effect van de ramp te onderscheiden van natuurlijke fluctuaties in een populatie.

Bij bovenstaande besluiten moet evenwel rekening gehouden worden met het feit dat dergelijke effecten sterk afhankelijk zijn van geografische, fysiologische, chemische omstandigheden en weersomstandigheden waardoor de olieverontreiniging beïnvloed kan worden.

5.8.3 Radar en scheepscommunicatie: cumulatieve effecten

Er wordt gesteld dat de realisatie en inplanting van de diverse offshore windparken geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet en gelegen binnen het officieel werkingsgebied van SRK. Toch lijkt de inplanting van een extra radarstation, en een ondersteunend relaisstation voor de marifone communicatie, aangewezen in verband met de opvolging van het verre scheepvaartverkeer, en van het toekomstige scheepvaartverkeer van en naar de betreffende windparken. De noodzaak en mogelijke positie hiervan dient door de bevoegde instanties onderzocht te worden.

6 MONITORING

Monitoring moet het mogelijk maken om eventuele veranderingen in het ecosysteem als gevolg van de inplanting van het windpark te kunnen detecteren. Gezien momenteel verschillende windparken (mogelijk) actief worden binnen de juridisch afgebakende windconcessiezone is een afstemming tussen de verschillende monitoringsprogramma's aangewezen.

In de diverse thematische hoofdstukken van voorliggend MER worden voorstellen geformuleerd voor monitoring. Deze voorstellen zijn hoofdzakelijk gebaseerd op de diverse MERs uitgevoerd voor de windparken van C-Power, Eldepasco en Belwind (Ecolas NV, 2003 en 2004; ARCADIS Belgium, 2007 en 2008) en de milieu-effectbeoordelingen (MEBs) uitgevoerd door de overheid voor dezelfde projecten (BMM, 2004 en 2006a; Di Marcantonio *et al.*, 2007 en 2009).

7 BESLUIT

Norther NV heeft het voornemen om een offshore windpark ([het 'North Sea Power windpark'](#)) te bouwen op 20 tot 30 km van de kust, in een zone ten zuidoosten van de Thorntonbank langs de grens met Nederland. Het windpark zal jaarlijks een opbrengst van ca. 800 GWh tot 1.500 GWh genereren, wat overeen komt met het gemiddelde jaarverbruik van ca. 230.000 tot 430.000 gezinnen. Met de realisatie van het windpark wordt invulling gegeven aan de doelstellingen van de overheid ten aanzien van duurzame energie (13 % tegen 2020).

Ten behoeve van de besluitvorming over de aanvraag van de vergunning wordt de procedure voor de milieueffectrapportage met bijhorende milieueffectenbeoordeling doorlopen. Onderhavig MER dient ter onderbouwing van de vergunningaanvraag voor zowel de bouw, de exploitatie, de ontmanteling als de kabellegging. In deze MER zijn de milieueffecten voor windturbines binnen een range van 3 MW tot 10 MW besproken, en worden drie verschillende funderingsalternatieven (monopile; jacket; gravitaire) bestudeerd. Hiermee rekening houdend zijn in overleg met het bestuur een aantal alternatieven (configuraties + funderingstype) weerhouden voor het North Sea Power windpark, die verder besproken worden doorheen de verschillende hoofdstukken. Naast het bestuderen van het North Sea Power windpark afzonderlijk is ook gekeken naar de bestaande toestand waarbij reeds 6 turbines van C-Power en 55 turbines van Belwind geplaatst zijn (gedefinieerd als het 'basisscenario').

Het aantal turbines varieert naargelang het gekozen alternatief: configuratie 1 (86 MP * 3 – 4,5 MW); configuratie 2 (74 JF * 6,15 MW); configuratie 3 (40 JF/GBF * 10 MW). Vervolgens wordt de energie getransporteerd via ondergrondse kabels (voor het traject op zee liggen de kabels ingegraven in de zeebodem) naar Zeebrugge. Eveneens wordt de nodige monitoring voor bewaking en besturing van het windpark voorzien en de vereiste bebakening en markering voor luchtvaart en scheepvaart. Het windpark zal in 2 fases gebouwd worden en een exploitatieduur van minimum 20 jaar hebben.

Algemeen geldt dat de effecten gelijkaardig zijn voor het North Sea Power windpark en het basisscenario. Indien relevant werd in de verschillende disciplines een duidelijk onderscheid gemaakt tussen deze scenario's.

Tijdens [de inrichtingsfase](#) zal er een tijdelijke milieuverstoring plaatsvinden ten gevolge van de werkzaamheden. Bij gravitaire funderingen (conf 3b) dient er een aanzienlijk zandoverschot gestockeerd te worden binnen het concessiegebied. Als gevolg van de activiteiten (varen, heien, gebruik van de kraan...) zal er tijdelijk een verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn onder en boven water. Als gevolg van de erosiebescherming en de turbines zal er een beperkt verlies zijn aan zandbodem als leefomgeving. Er treedt een tijdelijke benthische habitatverstoring op door de stockage van gebaggerd zand en een beperkte en tijdelijke verstoring van de benthische fauna en vissen. Er is onzekerheid over de grootte van de impact van geluid en trillingen op het mariene leven. De creatie van harde substraten zal leiden tot een verhoogde en veranderde biodiversiteit. Waarschijnlijk zullen verstoringsgevoelige soorten en zeezoogdieren het gebied tijdelijk verlaten. Er worden geen effecten verwacht voor de andere gebruikers binnen het Belgische Deel van de Noordzee (BDNZ).

Tijdens [de exploitatiefase](#) treden eveneens een aantal effecten op. Potentiële erosie t.h.v. de turbines wordt tegengaan door het a priori aanleggen en monitoren van een erosiebescherming bij gebruik van een monopile of gravitaire fundering. Studie door Norther heeft uitgewezen dat dit voor de jacket fundering minder relevant is. De kans op verontreiniging van water en bodem is verwaarloosbaar. Tijdens de exploitatie van dit windpark worden tot 6 % emissies vermeden van broeikasgassen in vergelijking met klassieke centrales (significant positief effect). Het windpark zal bij goede optische omstandigheden waarneembaar zijn vanuit verschillende kuststeden, en het meest uitgesproken voor de grotere turbines (conf 3). Door het functioneren van de turbines wordt er ook in de onmiddellijke omgeving van de turbines een verhoogd onderwatergeluid verwacht. Boven water zal er ook een verhoogd geluid zijn, wat maximaal hoorbaar kan zijn tot op 5 km. Voor de meeste fauna-soorten zullen (nagenoeg) geen effecten optreden. Verstorings- en aanvaringsgevoelige vogelsoorten kunnen een gering tot matig negatief effect (aanvaring, verstoring) ondervinden tijdens de exploitatiefase. Verder radaronderzoek is echter wenselijk om deze voorlopige inschattingen te bevestigen. Aanwezigheid en gedrag van zeezoogdieren kan beïnvloed worden door trillingen, geluid, onderhoudswerken en veranderingen in voedselbronnen tijdens de exploitatiefase. Het effect op de zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase wordt als gering negatief beoordeeld. Er wordt een indirect positief effect (verhoogde visvangst) verwacht op de traditionele visserij in de nabije omgeving, door het afsluiten van de windparkzone voor boomkorvisserij.

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van [de ontmantelingfase](#) gelijkaardig zullen zijn aan die van de inrichtingsfase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn. De effecten hangen af van het al dan niet verwijderen van (een deel van) de fundering en de erosiebescherming. De keuze over het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming en de fundering wordt best op het einde van de exploitatie bepaald, gebaseerd op de op dat ogenblik opgedane ervaring, de stand van de techniek en de resultaten van de monitoring.

De voornaamste invloed van [het kabelleggen](#) is de lokale verstoring van de bodem en de daarin levende organismen. Deze invloed zal beperkt zijn tot de onmiddellijke omgeving rond het kabeltracé en na een tijd verdwenen zijn (gering negatief effect). De invloed van de elektromagnetische straling en de lokale

opwarming van de zeebodem (door de warmteontwikkeling in de elektrische kabels) op benthos, vissen en zeezoogdieren tijdens de exploitatie van het windpark is onzeker, maar beperkt tot de nabije omgeving.

Als besluit kan gesteld worden dat de effecten tijdens de constructie, de exploitatie en de ontmantelingsfase binnen aanvaardbare normen liggen voor zowel het North Sea Power windpark als voor het basisscenario en er nergens sprake is van significant negatieve effecten (gezien ten opzichte van het BDNZ).

Gezien de positie en afstand van de inplanting ten opzichte van de buurlanden kunnen enkel beperkte effecten verwacht worden naar Nederland toe. Van de beschouwde disciplines zijn enkel de disciplines geluid, zeezicht en veiligheid relevant in het kader van [grensoverschrijdende effecten](#). Gezien de afstand tot de Nederlandse kust worden de effecten als aanvaardbaar beschouwd.

Bij [de cumulatieve effecten](#) (gezamenlijke effecten van de drie vergunde windparken + North Sea Power windpark) worden enkel de effecten verder besproken die niet verwaarloosbaar zijn voor een enkel windpark. Voor deze niet-verwaarloosbare effecten zal het cumulatieve effect meestal gelijk of kleiner zijn dan de som van de individuele effecten. Indien gekozen wordt voor de gravitaire fundering bij het North Sea Power windpark (andere windparken opteren voor monopile en/of jacket), zal in totaliteit voor de 4 windparken samen bijna 3,6 miljoen m³ zand gestockeerd worden in de respectievelijke concessiegebieden ten gevolge van de benodigde uitgraving. Het cumulatieve milieueffect ten gevolge van de stockage van zand zal door de fasering kleiner zijn dan de som van de effecten. De vermeden emissies van elk windpark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO₂, NO_x en CO₂. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van de individuele bijdragen. Tijdens de exploitatie blijft het onderwatergeluid van de windturbines beperkt tot de veiligheidszone; het cumulatieve effect is bijgevolg gelijk aan de som van de individuele effecten. Voor de meeste effecten op benthos en vissen geldt dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijke effecten per windpark, vaak recht evenredig met het ruimtebeslag dat in totaliteit relatief klein blijft t.o.v. het BDNZ. Voor vogels en zeezoogdieren geldt eveneens dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijke effecten. Enkel naar inname van habitat voor rustende en foeragerende vogels door de uitstralende werking van elk windpark treedt er een cumulatief effect op dat groter is dan de som van de effecten per windpark. Hier wordt het cumulatieve effect op de verstoring van Alk, Zeekoet en Jan van Gent als matig negatief beoordeeld. Er worden geen noemenswaardige negatieve cumulatieve effecten verwacht voor de verschillende gebruikers van de Noordzee. De kans op aanvaring door routegebonden schepen wordt voor het North Sea Power windpark geschat op eens om de 12 (conf 1; MP) tot eens om de 11 (conf 2; JF) jaar ongeacht het beschouwde cumulatief scenario, en is relatief hoog in vergelijking met de andere parken in de omgeving met uitzondering van het Belwind windpark die vergelijkbare aanvaringskansen vertoont. De totale aanvaar- en aandrijfkans van het North Sea Power windpark varieert van 32,4 % tot 38,6 % van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windparken in de scenario's. De aanvaarkans is het grootst voor de windturbines aan de zuidoostelijke rand van het North Sea Power windpark (dichtst bij de route van en naar Maas West).

Op zich kan dit gezien worden als een significant negatief effect. De aanvankelijk aangevraagde Norther concessiezone werd echter in 2009 (MB 05/10/2009), op specifiek verzoek van de bevoegde autoriteiten inzake Scheepvaartbegeleiding en Scheepvaartveiligheid en andere bevoegde instanties significant "ingekort" : met name werd aan de zuidoostelijke rand een driehoekige zone van de concessie afgesneden

net omwille van de Westpit scheepvaartroute en de veiligheid van schepen. Bijgevolg mag verondersteld worden dat er voldoende marge werd ingebouwd en worden huidige resultaten als een berekend 'aanvaardbaar' risico beschouwd. Er wordt in principe geen significant negatieve invloed verwacht van de aanwezigheid en exploitatie van de windparken op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer.

1 VOORSTELLING VAN HET PROJECT

1.1 INLEIDING

1.1.1 Beknopte voorstelling van het project

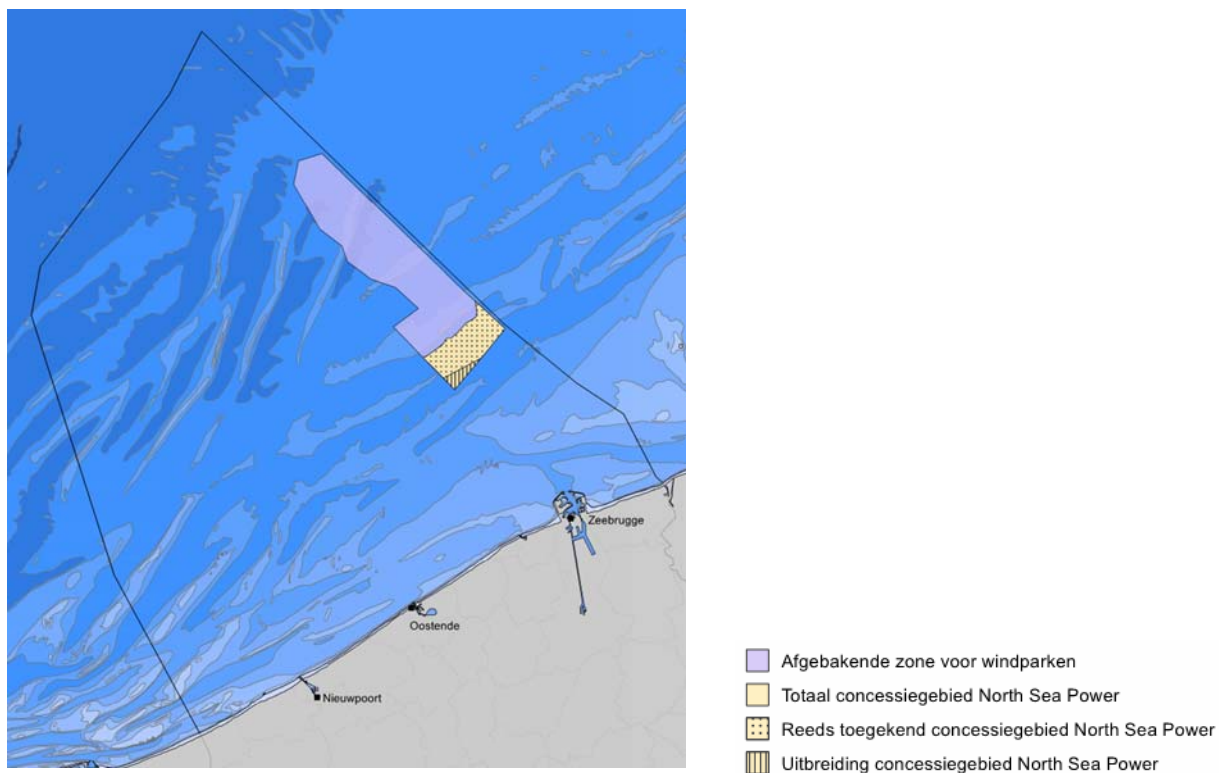
Norther nv is een projectvennootschap met als specifiek doel de ontwikkeling, constructie en exploitatie van het offshore windpark 'North Sea Power' (NSP). Norther nv is voor 99,98 % eigendom van Air Energy nv en voor 0,02 % van Air Energy Holding nv. Air Energy werd overgenomen door Eneco uit Nederland.

Op 5 oktober 2009 werd door de Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie een domeinconcessie voor de bouw en exploitatie van een windpark aan Norther NV toegekend voor het blok dat afgebakend is door de in bijlage 1 van MB 05/10/2009 vermelde coördinaten (gebied met een oppervlakte van ca. 38 km²) met uitzondering van de veiligheidsperimeters van de in het gebied gelegen kabels en pijpleidingen (zie Art.1 §1° MB 05/10/2009). Door Norther NV wordt een aanvraag ingediend voor het bekomen van een wijziging van dit concessiegebied. De wijziging bestaat uit een uitbreiding van het toegekende concessiegebied (conf. blok in bijlage 1 van MB 05/10/2009 van ca. 38 km²) in zuidelijk richting, tot een totale oppervlakte van ca. 44 km². Opnieuw rekening houdende met de bufferzones rond kabels en pijpleidingen gelegen binnen dit gebied bedraagt de beschikbare ruimte toegekend voor de installatie van windturbines ca. 26 km²; hierna aangeduid als concessiegebied *sensu stricto*. Waar in voorliggend MER gerefereerd wordt naar de domeinconcessie of het concessiegebied van North Sea Power, wordt steeds het volledige uitgebreide gebied (44 km²) bedoeld, daar dit het meest relevant is in het kader van milieueffecten, tenzij expliciet anders vermeld.

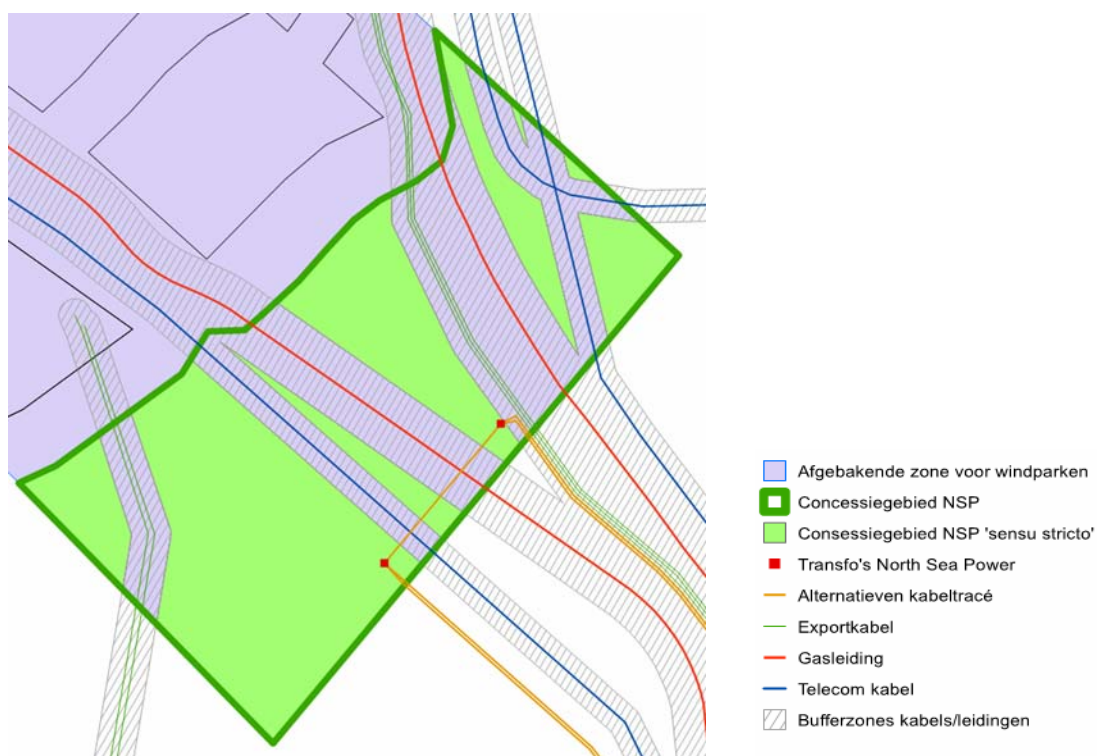
Het windpark wordt gebouwd op 20 tot 30 km van de kust, in een zone ten zuidoosten van de Thorntonbank langs de grens met Nederland. De noordelijke grens van het projectgebied ligt op ca. 1 km van de domeinconcessie van C-Power nv.

Onderhavig MER behandelt drie alternatieve configuraties, die zich in de eerste plaats onderscheiden in de rotordiameter van de aangewende windturbines; configuratie 1 houdt het gebruik van 86 turbines in (rotordiameter ca. 120 m; vermogen 3 à 4,5 MW), configuratie 2 bestaat uit 74 turbines (rotordiameter ca. 130 m, vermogen 5 à 6,5 MW) en configuratie 3 bestaat uit 47 turbines (rotordiameter ca. 150 m, vermogen 7 à 10 MW). Het gezamenlijk geïnstalleerd vermogen zou aldus max. 470 MW bedragen. Het windpark zal jaarlijks een opbrengst van ca. 800 GWh tot 1.500 GWh genereren, wat overeen komt met het gemiddelde jaarverbruik van ca. 230.000 tot 430.000 gezinnen.

De opgewekte elektrische energie wordt via hoogspanningskabels gelegen in de zeebodem naar een hoogspanningspost aan de kust (aanlanding Zeebrugge) gebracht.



Figuur 1.1.1: Ligging concessiegebied North Sea Power



Figuur 1.1.2: Concessiegebied North Sea Power

1.1.2 Toetsing aan de MER-plicht

Op basis van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België, gewijzigd bij wet van 17 september 2005 en bij wet van 21 april 2007 (kortweg: Wet Mariene Milieu) zijn activiteiten van burgerlijke bouwkunde, het graven van sleuven en ophogen van de zeebodem, het gebruik van hoogwaardig akoestisch materiaal en industriële activiteiten vergunningsplichtig. Volgens dezelfde wet en het KB van 7 september 2003 met betrekking tot de procedure tot vergunning en machtiging van bepaalde activiteiten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België vereisen vergunningsplichtige activiteiten – zoals de bouw en exploitatie van een windpark – dat een milieueffectenrapport bij de vergunningsaanvraag gevoegd wordt. Analoog volgt uit de Wet Mariene Milieu en het Koninklijk Besluit van 12 maart 2002 (publicatie 09/05/2002) met betrekking tot de voorschriften voor het leggen van elektriciteitskabels in de territoriale zee en de exploitatie van niet-levende rijkdommen dat voor het leggen en exploiteren van kabels een milieueffectenrapport bij de vergunningsaanvraag dient gevoegd te worden.

Met het bestuur werd overeengekomen dat dit MER zowel de bouw, de exploitatie, de ontmantelling als de kabellegging zal behandelen. Het MER is opgesteld in overeenkomst met het Koninklijk Besluit van 9 september 2003, met betrekking tot de regels betreffende de milieueffectenbeoordeling in toepassing van de Wet Mariene Milieu (20/01/1999, gewijzigd op 17/09/2005 en 21/04/2007).

In dit MER zullen de milieueffecten besproken worden van volgende configuratiealternatieven:

- **Configuratie 1:** 86 windturbines met rotordiameter ca. 120 m, met een individueel vermogen tussen 3 en 4,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 320 MW. Als typevoorbeelden geldt de Siemens SWT-3.6 turbine (rotor Φ : 120 m) (3,6 MW per turbine → 310 MW totaal geïnstalleerd vermogen);
- **Configuratie 2:** 74 windturbines met rotordiameter ca. 130 m, met een individueel vermogen tussen 5 en 6,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 420 MW. Als typevoorbeeld geldt de 6M REpower turbine (6,15 MW per turbine → 455 MW totaal geïnstalleerd vermogen);
- **Configuratie 3:** 47 windturbines met rotordiameter ca. 150 m, met een individueel vermogen tussen 7 en 10 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 400 MW. Als typevoorbeeld geldt de Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower (10 MW per turbine → 470 MW totaal geïnstalleerd vermogen).

De drie alternatieve configuraties van het North Sea Power windpark worden weergegeven op Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3.

Kaart 1.1.1: Windpark North Sea Power – Configuratie 1: rotordiameter 120 m

Kaart 1.1.2: Windpark North Sea Power – Configuratie 2: rotordiameter 130 m

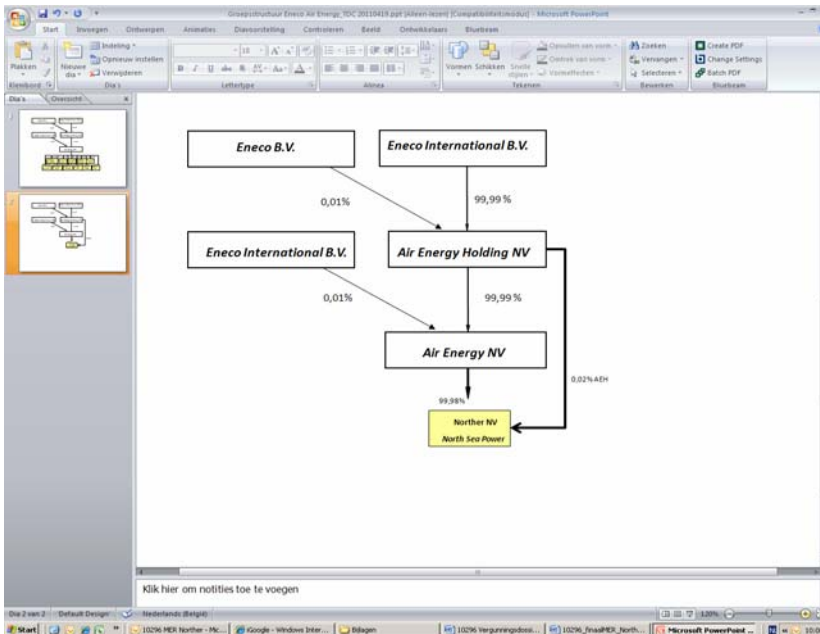
Kaart 1.1.3: Windpark North Sea Power – Configuratie 3: rotordiameter 150 m

1.1.3 De initiatiefnemer en het team van deskundigen

1.1.3.1 Concessieaanvrager & Consortium

Norther nv is de projectvennootschap gecreëerd op 26/02/2008, met als specifiek doel de ontwikkeling, constructie en exploitatie van het offshore windpark 'North Sea Power' (NSP).

Norther nv is voor 99,98 % eigendom van Air Energy nv en voor 0,02 % van Air Energy Holding nv. Air Energy werd overgenomen door Eneco uit Nederland.



Air Energy

Air Energy werd opgericht in 2001 als onafhankelijke groep actief in de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen, met name uit windenergie. Air Energy neemt het ganse traject voor haar rekening : van projectontwikkeling tot realisatie en exploitatie. Sinds de oprichting heeft de groep een solide reputatie opgebouwd en groeide de groep uit tot één van de leiders in de sector in België. De groep heeft op dit ogenblik een geïnstalleerd vermogen van 96 MW. Eind 2011 zal dit geëvolueerd zijn tot 120 MW gezien meerdere projecten nog in aanbouw zijn. De hoofdaandeelhouder van Air Energy is Eneco bv.

Eneco

De groep Eneco is een zeer belangrijke factor in het welslagen van dit project. Enerzijds is er de rijke ervaring in zowel energieproductie, -exploitatie –en levering, anderzijds is er de financiële draagkracht van een groep met meer dan 2 miljoen klanten, gedragen door 61 gemeenten. Daarbovenop is Eneco één van de weinigen partijen op wereldvlak met ervaring in het effectieve bouwen en exploiteren van een offshore (verder dan 20 km in zee) windpark : het Princes Amalia windpark /Q7.

Eneco heeft eveneens 4 vergunningen of concessies op zak voor de realisatie van 4 andere offshore windparken. Een van de hoofddoelstellingen van Eneco is om tegen 2020 70% van haar energieproductie uit hernieuwbare bronnen te puren. De ontwikkeling van offshore windparken past perfect in dit plaatje.

Eneco is opgericht op 1 januari 1995 en telt circa 6500 medewerkers. Eneco is actief in 6 Europese landen.

1.1.3.2 Team van deskundigen

ARCADIS Belgium verbindt zich ertoe dat de verantwoordelijkheid voor de milieueffectenrapportering zal gedragen worden door medewerkers die ervaring hebben inzake MER en het mariene milieu. Het volgende team van deskundigen wordt voorgesteld:

Lic. Annemie Volckaert	Coördinatie en integratie van de deeldisciplines Fauna en flora (benthos, vissen), Mens, ESPOO
Lic. Riet Durinck	Assistentie bij coördinatie Fauna en flora (zeezoogdieren), Juridische aspecten, Zeezicht en cultureel erfgoed
Lic. Mieke Deconinck	Fauna en flora (vogels)
Ing. Ann Himpens	Geluid, EMV
Ir. Kathleen Nysten	Klimatologische factoren, Atmosfeer
Ir. Karen Callebaut	Veiligheid
Lic. Dirk Libbrecht	Bodem, Water
Prof. dr. ir. Paul Vanhaecke	Algemeen kwaliteitsbeheer

Daarnaast zullen voor specifieke expertises bijkomende externe deskundigen ingeschakeld worden. Het betreft:

- Dr. Ir. Johan Cattrysse: effecten inzake radar- en scheepscommunicatie;
- MARIN: risico-analyse scheepvaartaccidenten;
- G-Tec: bathymetrisch en seismisch onderzoek;
- Technum-Tractebel: samenstellen van design basis.

1.1.4 Procedure verloop

De procedure voor het verkrijgen van een vergunning voor het installeren van een windpark op zee is schematisch weergegeven in Bijlage 1.1.1.

Bijlage 1.1.1: Schematisch overzicht van de procedure tot het bekomen van een vergunning/machtiging (Vigin & Di Marcantonio, 2003)

1.2 SITUERING EN JUSTIFICATIE VAN HET PROJECT

1.2.1 Doelstellingen van de initiatiefnemer

De initiatiefnemer van het project is Norther nv, die begonnen is als een dochtermaatschappij van Air Energy nv, met sterke verankering en vrij solide reputatie op het vlak van windenergie in België. Air Energy nv werd overgenomen door Eneco uit Nederland. Air Energy nv en Eneco hebben niet alleen een vrij solide financiële basis, maar ook heel wat know-how en ervaring inzake offshore windenergie.

Air Energy is ontwikkelaar, bouwheer en financier van windparken met sterke verankering in België. Sinds haar oprichting heeft de groep een solide reputatie opgebouwd en is uitgegroeid tot één van de leiders binnen de sector.

De hoofdaandeelhouder van Air Energy is **Eneco** bv. Eneco heeft niet alleen de financiële slagkracht van een groep die energie levert aan 2 miljoen klanten, maar heeft tevens een zeer stevige expertise opgebouwd in offshore windenergie. Met name heeft zij het op vandaag volledig operationeel offshore wind park: 'Princess Amalia Windpark' (het vroegere 'Q7' windpark) in haar portefeuille. Eneco heeft eveneens 4 vergunningen op zak voor de realisatie van 4 andere offshore windparken. Een van de hoofddoelstellingen van Eneco is om tegen 2020 70 % van haar energieproductie uit hernieuwbare bronnen te puren. De ontwikkeling van offshore windparken past perfect in dit plaatje.

Zeker voor wat windenergie betreft is de hoge urbanisatiegraad van Vlaanderen een obstakel voor het realiseren van (grootschalige) windparken en het behalen van de algemene doelstellingen inzake hernieuwbare energie. Bijgevolg wordt naar alternatieve inplantingsplaatsen uitgezien zoals offshore gebieden gesitueerd binnen het Belgisch Continentaal Plat.

De investerings- en exploitatiekosten zijn voor offshore windenergie significant hoger dan bij onshore projecten. Offshore windenergieprojecten zijn dan ook enkel haalbaar door hun schaalgrootte en door het feit van het hogere windaanbod op zee.

De initiatiefnemer Norther nv heeft als doelstellingen:

- Het energetisch optimaal benutten van de oppervlakte binnen het toegekende concessiegebied;
- Het minimaliseren van de milieu-impact van het project;
- De veiligheidsrisico's voor bouw –en onderhoudspersoneel zo laag mogelijk houden;
- Realisatie van het windpark in de periode 2014-2016;
- Het op een verantwoorde en kosten-efficiënte wijze bouwen en exploiteren van een offshore windpark.

1.2.2 Motivatie van de locatiekeuze

De keuze voor deze inplantingsplaats voor het North Sea Power windenergieproject (Figuur 1.1.1) is gebaseerd op de volgende elementen:

- Koninklijk Besluit van 20 december 2000, gewijzigd door het Koninklijk Besluit van 17 mei 2004, 28 september 2008 en 3 februari 2011: dit Koninklijk Besluit en zijn wijzigingsbesluiten bepalen de voorwaarden en de procedure voor de toekenning van domeinconcessies voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden, in de zeegebieden waarin België rechtsmacht kan uitoefenen overeenkomstig het internationaal zeerecht. In het KB van 17 mei 2004 werd een preferentiële zone voor de ontwikkeling van offshore windparken bij wet afgebakend, aangepast door het KB van 3 februari 2011. Het projectgebied van North Sea Power ligt volledig binnen de afgebakende zone;
- Tractebel Engineering en Air Energy nv hebben een haalbaarheidstudie uitgevoerd, met twee doeleinden:
 - Enerzijds was het de bedoeling potentiële locaties binnen de voorziene zone voor offshore windenergieparken voor de Belgische kust te identificeren en deze op objectieve wijze te rangschikken. Hierbij werd zoveel mogelijk rekening gehouden met de impact op de omgeving en met technische en administratieve randvoorwaarden die de inplantingsmogelijkheden beïnvloeden;

- Anderzijds was het de bedoeling om per potentiële locatie de technisch-economische haalbaarheid van een offshore windpark te evalueren. Hiertoe werd niet enkel de verwachte elektriciteitsproductie geschat, maar ook een voorlopig basisontwerp en een budgetraming gemaakt van de windturbines, de funderingen en de aansluiting op het elektriciteitsnet;
- Uit de haalbaarheidsstudie kwam de site ten zuidoosten van de Thorntonbank naar voren als potentieel meest interessante site.

De weerhouden locatie bevindt zich op de kleinste afstand tot de Belgische kust binnen de zone voor de ontwikkeling van offshore windparken, en heeft hierdoor enkele belangrijke voordelen:

- Economisch optimalisatie door beperken van de aansluitings-, bouw- en exploitatiekosten;
- Verzekeren van een zo hoog mogelijke beschikbaarheid voor het produceren van hernieuwbare energie door de kortere interventietijden voor de onderhoudsploegen.

1.2.3 Ruimtelijk situeren van het project

Het North Sea Power windpark is gesitueerd op 20 tot 30 km van de Belgische kust, in een zone ten zuidoosten van de Thorntonbank langs de grens met Nederland. Er wordt voorzien om 47 tot 86 turbines te plaatsen. De vermogensrange bedraagt 3 MW tot 10 MW per turbine, met een totaal geïnstalleerd vermogen tot 470 MW. De ingenomen oppervlakte van het North Sea Power concessiegebied bedraagt 44 km². Rekening houdende met de bufferzones rond kabels en pijpleidingen gelegen binnen het concessiegebied bedraagt de beschikbare ruimte voor de installatie van windturbines ca. 26 km² (concessiegebied *sensu stricto*). Waar in voorliggend MER gerefereerd wordt naar de domeinconcessie of het concessiegebied van North Sea Power, wordt steeds het uitgebreide gebied (44 km²) bedoeld, tenzij expliciet anders vermeld.

De drie alternatieve configuraties van het North Sea Power windpark worden weergegeven op Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3.

Er worden twee offshore hoogspanningsstations (transformatorplatforms) voorzien en twee posities voor windmeetmasten. De posities voor de windmeetmasten zijn ondermeer afhankelijk is van de gekozen configuratie. De mogelijke posities voor een windmeetmast en de locaties voor de hoogspanningsstations worden weergegeven op Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3.

1.2.4 Monitoring van offshore windparken

De reeds in uitvoering zijnde windparken van C-Power en van Belwind en het in ontwikkeling zijnde windpark van Eldepasco zullen allen worden gerealiseerd binnen de afgebakende windconcessiezone (KB 17/05/2004, gewijzigd door het KB van 03/02/2011). Voor de vergunningverlening bij elk van de projecten werd een milieueffectrapport opgesteld, waarin onder meer ook wordt ingegaan op de monitoring van de effecten van de windparken. Gezien de onderlinge nabijheid van de windparken en de overeenkomsten bij de initiatieven is een afstemming tussen de verschillende monitoringsprogramma's aangewezen.

In eerste instantie wordt de referentiesituatie ter hoogte van de projectgebieden vastgelegd. Tijdens de plaatsing en in werking stelling van de eerste 6 windturbines van het C-Power project, waarmee gestart werd

in 2008, en plaatsing van de eerste 55 windturbines van het Belwind project, in de loop van september 2009 tot februari 2010, werden vervolgens de effecten gemonitord en gerapporteerd (Degraer & Brabant, 2009; Degraer *et al.*, 2010a). Voor de windparken van C-Power, Belwind en Eldepasco werd een geïntegreerd monitoringsprogramma opgesteld. Bij het opstellen van de monitoring van het North Sea Power project kan rekening worden gehouden met de hiermee verworven kennis. Doel van het geïntegreerd monitoringsprogramma, waarbij gestreefd wordt naar optimalisatie, is het verwerven van relevante kennis zonder dat dit een onevenredig zware monitoringsplanning oplegt. Metingen die bij één van de vier windparken worden uitgevoerd en representatief kunnen zijn voor de waarnemingen bij de andere windparken hoeven niet opnieuw te worden uitgevoerd. Het verdient dan de voorkeur de beste locatie/situatie voor het monitoringsprogramma te selecteren.

1.3 JURIDISCHE EN BELEIDSMATIGE RANDVOORWAARDEN

1.3.1 Juridische randvoorwaarden

1.3.1.1 Toepasselijke EG richtlijnen

De [EIA richtlijn \(85/337/EG\)](#) gewijzigd bij [richtlijn 97/11/EG](#) en [2003/35/EG](#): Environmental Impact Assessment. Deze richtlijn is van toepassing op de milieueffectenbeoordeling van openbare en particuliere projecten die aanzienlijke gevolgen kunnen hebben voor het milieu. Onder projecten worden bouwwerken, ingrepen in de natuur en landschappen en ook ontginningen van bodemschatten verstaan.

Voor projecten die een aanzienlijk milieueffect kunnen hebben, door hun aard, omvang of ligging, moeten de lidstaten de nodige maatregelen treffen om een beoordeling van hun effecten op te tekenen, alvorens een vergunning wordt verleend.

Bij de milieueffectenbeoordeling worden de directe en indirecte effecten van een project op passende wijze geïdentificeerd, beschreven en beoordeeld naar de volgende factoren:

- mens, dier en plant;
- bodem, water, lucht, klimaat en landschap;
- materiële goederen en het culturele erfgoed;
- de samenhang tussen de in het eerste, tweede en derde genoemde factoren.

De [SEA richtlijn \(2001/42/EG\)](#): Protocol on Strategic Environmental Assessment. Het doel van de SEA richtlijn is om te garanderen dat mogelijke milieu-impacten van bepaalde plannen of projecten geïdentificeerd zijn vooraleer ze toegelaten worden, en in overweging worden genomen bij een eventuele uitvoering ervan. Dit gebeurt aan de hand van een milieu-beoordeling waarvoor de SEA systematische gebruiken/regels opstelt. SEA zal verplicht zijn voor een brede waaier aan plannen en projecten (vb. bosgrond, energie, industrie, transport, afval management, toerisme, landgebruik), die significante milieu-effecten kunnen veroorzaken.

De richtlijn voorziet ook een extensieve publieke participatie in het beslissingsproces van de regering over verschillende ontwikkelingssectoren.

De Europese richtlijn (2001/77/EG) van 27 september 2001 over de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen op de interne elektriciteitsmarkt. Deze richtlijn heeft als doel 12 % van het bruto binnenlandse energieverbruik uit hernieuwbare energiebronnen te onttrekken tegen 2010 en in het bijzonder het aandeel elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen tegen 2010 op te voeren tot 22 % van het totale elektriciteitsverbruik voor de gehele unie. Voor wat België betreft ligt de doelstelling voor het aandeel van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen op 6 % tegen 2010. Begin 2010 bedraagt het aandeel hernieuwbare energie in België slechts ongeveer 3 %. Ondertussen werd in december 2008 door het Europees Parlement Europese het energie- en klimaatpakket goedgekeurd (omgezet in richtlijnen in april 2009; waaronder de Europese richtlijn Hernieuwbare Energiebronnen 2009/28/EG) waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken naar 13 % hernieuwbare energie tegen 2020.

De Europese Kaderrichtlijn Mariene strategie (2008/56/EG) van 17 juni 2008 die een kader vaststelt om maatregelen te nemen om uiterlijk in 2020 een goede milieutoestand van het mariene milieu te bereiken of te behouden.

Aanbeveling van het Europese Parlement en de Raad van 30 mei 2002 betreffende de uitvoering van een geïntegreerd beheer van kustgebieden in Europa (2002/413/EG) en de mededeling van de commissie aan de Raad en het Europese Parlement over geïntegreerd beheer van kustgebieden: Een strategie voor Europa (COM(2000) 547 definitieve versie) van 27 september 2000.

De EG-Vogelrichtlijn (79/409/EEG en gecodificeerde versie 2009/147/EG) en de EG-Habitatrichtlijn (92/43/EEG) ter bescherming van bedreigde vogelsoorten en hun natuurlijke leefmilieu. Ter verduidelijking van de implicaties van de vogel- en habitatrichtlijngebieden wordt verder een korte bespreking gegeven. Voor een situering van de gebieden die in aanmerking komen om als EG-Vogel- en Habitatrichtlijngebied afgebakend te worden, wordt verwezen naar de discipline fauna en flora.

Geselecteerde Habitatrichtlijngebieden en Vogelrichtlijngebieden vormen een ecologisch netwerk: het NATURA 2000 netwerk. Dit is een netwerk van gebieden met soorten en/of habitats van communautair belang, en vormt de ruggengraat van het Europese milieubeleid m.b.t. beschermde gebieden. Het beheer van deze beschermde gebieden moet het behoud en herstel van de habitats en soorten garanderen, en moet, indien mogelijk, rekening houden met socio-economische factoren.

Kaart 1.3.1: Natuurbeschermingszones in de Belgische mariene wateren

1.3.1.1.1 *De Vogelrichtlijn*

In 1979 werd door de Europese Commissie de Vogelrichtlijn uitgevaardigd (Richtlijn 79/409/EEG, 2 april 1979; in 2009 werd een gecodificeerde versie uitgebracht nl. richtlijn 2009/147/EG). Deze richtlijn voorziet in een bevordering van een betere bescherming van vogels in de Europese Gemeenschap en de instandhouding van alle natuurlijk in het wild levende vogelsoorten op het Europese grondgebied. Volgens Artikel 4 van de Vogelrichtlijn moeten in de leefgebieden van de soorten uit Bijlage I speciale beschermingsmaatregelen getroffen worden opdat deze soorten daar waar zij nu voorkomen, kunnen voortbestaan en zich kunnen voortplanten. Bovendien moet men ook de broed-, rui-, overwinterings- en rustplaatsen van enkele niet op Bijlage I voorkomende trekvogelsoorten beschermen. De lidstaten moeten de naar aantal en oppervlakte voor de instandhouding van deze soorten meest geschikte gebieden als

speciale beschermingszones aanwijzen en beheren, waarbij rekening wordt gehouden met de bescherming die deze soorten behoeven (Art. 4 lid 1). Deze soorten dienen ook door andere maatregelen beschermd te worden, zoals een verbod om op deze vogels te jagen of ze opzettelijk te verstoren (Art. 5).

Criteria die als basis dienden voor het opnemen van soorten in de Bijlage I zijn de volgende:

- soorten die dreigen uit te sterven;
- soorten die gevoelig zijn voor bepaalde wijzigingen van het leefgebied;
- soorten die als zeldzaam worden beschouwd omdat hun populatie klein is of omdat zij slechts plaatselijk voorkomen;
- andere soorten die omwille van specifieke kenmerken van hun leefgebied speciale aandacht verdienen.

De Belgische overheid heeft op tweeërlei wijze uitvoering gegeven aan de verplichtingen van de Vogelrichtlijn (zie ook paragraaf 1.3.1.2). In de eerste plaats voorziet het KB van 21 december 2001 in de bescherming van soorten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België en ten tweede heeft de federale overheid drie Speciale Beschermingszones voor Vogels (SBZ-V) in de Belgische mariene wateren goedgekeurd (KB 14/10/2005).

1.3.1.1.2 *De Habitatrichtlijn*

In 1992 werd door de Europese Commissie de Habitatrichtlijn uitgevaardigd (Richtlijn 92/43/EEG, 21 mei 1992). Deze Richtlijn bevat een Bijlage met belangrijke habitats (waaronder zandbanken), en een Bijlage met belangrijke soorten (zonder de vogels) die in de Europese Gemeenschap beschermd moeten worden. Eén van de middelen om deze soorten en habitats efficiënt te beschermen, is het aanduiden van Habitatrichtlijngebieden (of SAC's, Special Areas of Conservation).

Via het KB 14/10/2005 waarbij 2 Speciale Beschermingszones voor Natuurbehoud (SBZ-H) voor de Belgische mariene wateren werden aangeduid, heeft de federale overheid deze richtlijn vertaald in nationale wetgeving (zie ook paragraaf 1.3.1.2).

Vanuit het standpunt van dit soort projecten is het interessant om het artikel 6.3 en 6.4 van de Habitatrichtlijn aan te halen:

- 6.3. Voor elk plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van het gebied, maar afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor zo'n gebied, wordt een passende beoordeling gemaakt van de gevolgen voor het gebied, rekening houdend met de instandhoudingdoelstellingen van dat gebied. Gelet op de conclusies van de beoordeling van de gevolgen voor het gebied en onder voorbehoud van het bepaalde in lid 4, geven de bevoegde nationale instanties slechts toestemming voor dat plan of project nadat zij de zekerheid hebben verkregen dat het de natuurlijke kenmerken van het betrokken gebied niet zal aantasten en nadat zij in voorkomend geval inspraakmogelijkheden hebben geboden.
- 6.4. Indien een plan of project, ondanks negatieve conclusies van de beoordeling van de gevolgen voor het gebied, bij ontstentenis van alternatieve oplossingen, om dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard, toch moet worden gerealiseerd, neemt de Lidstaat alle nodige compenserende maatregelen om te waarborgen dat de algehele

samenhang van Natura 2000 bewaard blijft. De Lidstaat stelt de Commissie op de hoogte van de genomen compenserende maatregelen.

Wanneer het betrokken gebied een gebied met een prioritair type natuurlijke habitat en/of een prioritaire soort is, kunnen alleen argumenten die verband houden met de menselijke gezondheid, de openbare veiligheid of met voor het milieu wezenlijke gunstige effecten dan wel, na advies van de Commissie, andere dwingende redenen van groot openbaar belang worden aangevoerd.

1.3.1.2 Nationale wetgeving

Voor de mariene zones zijn een aantal nationale wetten geldig. Deze worden in de volgende paragrafen beknopt beschreven.

Een eerste belangrijke wet is de [wet van 13 juni 1969 inzake de exploratie en exploitatie van niet-levende rijkdommen van de territoriale zee en het Continentaal Plat](#) (publicatie Belgisch Staatsblad 8/10/1969). Delen van deze wet werden herzien in de wet van 20 januari 1999 betreffende de bescherming van het mariene milieu en de wet van 22 april 1999 betreffende de exclusieve economische zone. In de wet van 13 juni 1969 art. 4 staat vermeld dat voor het leggen van kabels en pijpleidingen een machtiging vereist is die wordt verleend volgens de regels die de Koning bepaalt.

Van belang is dus ook de [wet betreffende de exclusieve economische zone van België in de Noordzee van 22 april 1999](#) (publicatie Belgisch Staatsblad 10/07/1999) die de Belgische jurisdictie uitbreidt buiten de territoriale wateren voor een aantal zaken op het vlak van milieu en milieubescherming, beheer en exploitatie van levende en niet-levende rijkdommen, en de opwekking van energie uit water, wind en stromen. Zoals vermeld in voorgaande paragraaf is deze wet ook van toepassing op de te leggen kabels voor het windpark.

Een mijlpaal in de mariene wetgeving vormt de [wet ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België van 20 januari 1999, gewijzigd bij wet van 17 september 2005 en bij wet van 21 april 2007, of kortweg de Wet Mariene Milieu](#). Deze wet bepaalt verschillende principes die de gebruikers van de Belgische mariene wateren dienen in acht te nemen. Daartoe behoren de volgende internationaal erkende principes:

- het voorzorgsprincipe
- het preventieprincipe
- het principe van duurzaam beheer
- het vervuiler-betaalt-principe
- het herstelprincipe

Die principes moeten bijgevolg in acht genomen worden tijdens de bouw, uitbating en ontmanteling van het windpark alsook tijdens het uitvoeren van de werken en de bekabeling.

Aansluitend bij het 5^{de} principe (herstelprincipe) wordt het beginsel van objectieve aansprakelijkheid vastgelegd. Deze bepaalt dat bij elke schade of milieuverstoring van de zeegebieden veroorzaakt door bijvoorbeeld een ongeluk of een inbreuk op de wetgeving, deze verplicht moet hersteld worden door degene die de schade of milieuverstoring heeft veroorzaakt, zelfs al heeft hij geen fout begaan.

Naast de algemene beginselen, hierboven opgesomd, werd in de wet op de bescherming van het mariene milieu ook de basis gelegd voor de instelling van mariene reservaten en de bescherming van planten en dieren.

In [Art. 25](#) van de Wet Mariene Milieu worden de activiteiten, waaronder de activiteiten van burgerlijke bouwkunde zoals het oprichten van windturbines, opgesomd die onderworpen zijn aan een voorafgaande vergunning of machtiging verleend door de minister. Bij deze milieuvergunningsprocedure horen volgende gewijzigde Koninklijke Besluiten (KB):

- [KB van 7 september 2003](#) (publicatie Belgisch Staatsblad 17/09/03) houdende de procedure tot vergunning en machtiging van bepaalde activiteiten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België. Een vergunning wordt verleend voor een termijn van hoogstens 20 jaar (art. 41 §1). Een machtiging wordt verleend voor de termijn vereist voor de voltooiing van de gemachtigde activiteit (max. 5 jaar, met uitzonderlijk verlenging met 5 jaar) (art. 41 §1);
- [KB van 9 september 2003](#) (publicatie Belgisch Staatsblad 17/09/03) houdende de regels betreffende de milieu-effectenbeoordeling in toepassing van de wet van 20 januari 1999 ter bescherming van het mariene milieu in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België;

Op federaal vlak is ook het [KB van 12 maart 2002](#) (publicatie Belgisch Staatsblad 09/05/2002) [betreffende het leggen van elektriciteitskabels](#) op het Continentaal Plat onder de rechtsbevoegdheid van België van belang.

Op basis van de bovengenoemde wetten en besluiten is een machtiging vereist voor de bouw van het windpark, voor de exploitatie van het windpark is een vergunning vereist. Er is eveneens een machtiging vereist voor de te leggen kabels en er is ook een machtiging vereist als er geulen moeten worden gegraven, evenals een vergunning voor de exploitatie van de kabels. Zoals eerder genoemd is een MER een essentieel onderdeel van de vergunningsaanvraag.

Naast de milieuvergunningsprocedure is er een procedure voor het toekennen van een domeinconcessie volgens het [KB van 20 december 2000](#) (gewijzigd door het KB van 17 mei 2004, 28 september 2008 en 3 februari 2011) betreffende de voorwaarden en procedures voor het verkrijgen van een [domeinconcessie](#) voor de bouw en de exploitatie van installaties voor de productie van elektriciteit uit water, stromen of winden in de zeegebieden waar België zijn jurisdictie kan laten gelden. Hierin wordt bepaald dat domeinconcessies voor windenergieparken in Belgische mariene wateren kunnen worden verleend voor een periode van 20 jaar (met een mogelijke verlenging tot maximaal 30 jaar). Een domeinconcessie kan toegekend worden vóór de milieuvergunning, doch zij wordt pas geldig wanneer ook de milieuvergunning een feit is.

Vervolgens zijn ook een aantal Koninklijke Besluiten van kracht met betrekking tot de bescherming van soorten en habitats die hun oorsprong vinden in de Wet Mariene Milieu en de Europese Habitat- (92/43/EEG) en Vogelrichtlijn (79/409/EEG) (zie paragraaf 1.3.1.1):

- Het [KB van 21 december 2001](#) betreffende de [bescherming van de soorten](#) in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België: hier worden verschillende beschermingsmaatregelen voorgelegd ter bescherming van wilde/bedreigde flora en fauna, voor de instandhouding van de natuurlijke habitats en de biodiversiteit en ter voorkoming van schade aan gewassen, visgronden en andere vormen van eigendom

- Het [KB van 14 oktober 2005](#) betreffende de instelling van [speciale beschermingszones en speciale zones voor natuurbehoud](#) in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België:
 - Binnen het KB worden vijf Speciale Beschermingszones (SBZ's) ingesteld: drie Vogelrichtlijngebieden (VBZ-V's of SPA's, Special Protection Areas) en twee Habitatrichtlijngebieden (SBZ-H of SAC's, Special Areas of Conservation). De Vogelrichtlijngebieden zijn een zone van 110,01 km² te Nieuwpoort (SBZ-V1), een zone van 144,80 km² te Oostende (SBZ-V2) en een zone van 57,71 km² ter hoogte van Zeebrugge (SBZ-V3) en dit op basis van het voorkomen van vier beschermde vogelsoorten (fuut, grote stern, visdief en dwergmeeuw). De twee Habitatrichtlijngebieden zijn de 'Trapegeer Stroombank' (181 km²) en de 'Vlakte van de Raan' (19,17 km²). In het arrest nr. 179.254 van de Raad van State van 1 februari 2008 vernietigt de Raad van State echter de aanduiding van de Vlakte van de Raan als Speciale Beschermingszone. Het gebied blijft echter wel aangemeld op Europees niveau;
 - Het KB definieert die speciale beschermingszones als de zones die als speciale beschermingszones worden aangewezen in Art. 7 §2 van de wet ter bescherming van het mariene milieu en Art. 4 van de Vogelrichtlijn;
 - Het KB (art. 5) verbiedt volgende activiteiten binnen de Speciale Beschermingszones: activiteiten van burgerlijke bouwkunde, industriële activiteiten en activiteiten van publicitaire en commerciële ondernemingen;
 - Het KB (art. 6) eist een passende beoordeling voor elk plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het beheer van het gebied, maar dat afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor zo'n gebied en dit volgens de procedures van KB 09/09/2003. De beoordeling dient rekening te houden met de instandhoudingsdoelstellingen van het betrokken gebied;
 - Het KB geeft aan waarvoor de Minister een gebruikersovereenkomsten afsluit en binnen de 3 jaar een eerste beleidsplan opstelt.
- Het [KB van 14 oktober 2005](#) betreffende de voorwaarden, sluiting, uitvoering en beëindiging van [gebruikersovereenkomsten](#) en het opstellen van [beleidsplannen voor de beschermde mariene gebieden](#) in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België:
 - Een beleidsplan houdt minstens volgende gegevens in: informatie over de van toepassing zijnde beschermingsmaatregelen, informatie over de gebruikersovereenkomst en andere relevante maatregelen, de resultaten van de monitoring, beschrijving van het effect van de opgenoemde maatregelen;
 - Verder kan het ook voorstellen inhouden tot een herziening van de van toepassing zijnde bescherming in het gebied of tot instelling van nieuwe mariene beschermde gebieden en hun beschermingsmaatregelen.
- Het [KB van 5 maart 2006](#) tot instelling van een [gericht marien reservaat, de 'Baai van Heist'](#) (6,76 km²). Dit reservaat grenst aan Speciale Beschermingszones (SBZ-V3) aan de oostelijke strekdam van Zeebrugge en sluit aan op het bestaande Vlaamse natuurreservaat Baai Van Heist. Hier geldt een verbod van alle activiteiten behoudens deze die onder de gebruikersovereenkomst vallen. Het KB eist een passende beoordeling voor elk plan of project dat niet direct verband houdt met of nodig is voor het

beheer van het gebied, maar dat afzonderlijk of in combinatie met andere plannen of projecten significante gevolgen kan hebben voor zo'n gebied en dit volgens de procedures van KB 09/09/2003. Het KB geeft aan waarvoor de Minister een gebruikersovereenkomsten afsluit en binnen de 3 jaar een eerste beleidsplan opstelt.

- In juli 2010 werd door de dienst Marien Milieu (FOD Leefmilieu) een nieuw Habitatrictlijngebied bij de Europese Commissie aangemeld. Het nieuwe Habitatrictlijngebied is ca. 1.000 km² groot en omvat zowel zandbanken, biodiverse grindbanken en schelpkokerworm-aggregaties. Het omvat tevens het volledige al aangemelde Habitatrictlijngebied Trapegeer-Stroombank. De Europese Commissie zal vervolgens dit gebied opnemen in de Europese lijst van de 'Gebieden van Communautair Belang'. De volgende stap is de aanwijzing van het gebied (conform Belgisch recht) waarna een beleidsplan zal opgesteld worden.

Het concessiegebied situeert zich niet binnen één van voorgenoemde beschermde gebieden. Het milieueffectenrapport voorziet 2 alternatieve kabeltracés met aanlanding ter hoogte van de Westelijke Stredam te Zeebrugge. De beide alternatieve kabeltracés kruisen de speciale beschermingszone SBZ-V3 (Zeebrugge).

Op basis van het KB 14/10/2005 (art. 6) dient een passende beoordeling opgemaakt te worden voor de aanleg van het kabeltracé daar zij mogelijks significante gevolgen kan hebben voor het gebied. Indien uit de passende beoordeling blijkt dat het project een significant negatieve invloed kan hebben op het beschermde gebied moet in de eerste plaats gezocht worden naar alternatieve oplossingen. Indien er geen alternatieve oplossingen voorhanden zijn, dient aangetoond te worden dat het project wordt uitgevoerd om dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard. Mits de nodige compenserende maatregelen kan eventueel toch een toestemming verleend worden.

Verder is ook de [wet van 1 juni 2005 tot wijziging van de wet betreffende de regulering van de elektriciteitsmarkt van 29 april 1999](#) van belang. De wet betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt voorziet in het uitwerken van een ondersteunend systeem dat de elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare energiebronnen moet stimuleren. Deze hebben een juridische basis gekregen door het [KB van 16 juli 2002, gewijzigd door KB 5 van oktober 2005 en KB van 31 oktober 2008](#) die de bijzondere bepalingen betreffende de toekenning van groenestroomcertificaten voor elektriciteit bepaalt en de tariefmaatregelen vastlegt die een minimum prijs waarborgen voor de verschillende soorten groene stroom, ongeacht hun productieplaats.

Tenslotte werd in 2010 een nieuw federaal kader (in navolging van de Europese Kaderrichtlijn gecreëerd om een goede oppervlaktewatertoestand te bereiken, met het [KB van 23 juni 2010 betreffende de vaststelling van een kader voor het bereiken van een goede oppervlaktewatertoestand](#). De nieuwe regeling treedt in werking op 23 juli 2010 en geldt voor de kustwateren. Het nieuwe besluit bevat geen echte concrete maatregelen, maar legt in hoofdzaak de verplichtingen van de bevoegde federale diensten vast. In analogie met de Kaderrichtlijn Water is in 2008 de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie opgesteld die een goede toestand nastreeft voor de mariene wateren, die ook vertaald zal moeten worden op nationaal niveau.

1.3.1.3 De internationale overeenkomsten en richtlijnen

Naast de hierboven beschreven nationale regelgeving en EG richtlijnen zijn een aantal internationale verdragen en reglementeringen van belang. Zonder in detail te willen treden over de inhoud ervan, worden ze hieronder kort opgesomd.

- Het Zeerechtverdrag (1982) die het juridische kader vormt voor het gebruik van de oceanen;
- COLREG inzake het voorkomen van aanvaringen (1972);
- Het SOLAS-verdrag inzake veiligheid van mensenlevens op zee (1974/1978);
- UNCLOS (1982) inzake het gebruik van de oceanen en hun grondstoffen. Kuststaten hebben soevereine rechten in de Exclusieve Economische Zone (EEZ) met betrekking tot natuurlijke rijkdommen en bepaalde economische activiteiten, en het uitoefenen van jurisdictie over marien wetenschappelijk onderzoek en milieubescherming (art. 60 is specifiek gericht op installaties in de EEZ);
- Internationale conventie inzake controle van aangroeiwerende systemen (2001).

Vanuit het oogpunt van de natuurbescherming zijn de volgende verdragen, overeenkomsten en reglementeringen van belang:

- De [Vijfde Internationale Conferentie over de Bescherming van de Noordzee \(Bergen-Noorwegen, 20-21 maart 2002\)](#), waarin de aanpak van het ecosysteem voor de verdere ontwikkeling van de Noordzee duidelijk naar voren wordt geschoven;
- Het [Protocol van Kyoto](#) bij het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake klimaatverandering (UNFCCC) van 11 december 1997 om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Een wereldwijde klimaatstrategie, die een beperking van de emissie van broeikasgassen inhoudt, is overeengekomen in het kader van de United Nations Climate Convention (1992), en zijn implementatie in het Kyoto Protocol (1997). Voor België betekent dit een reductie van 7,5 % van de uitgestoten broeikasgassen tegen 2012 ten opzichte van 1990. De recente klimaatconferentie in Cancún (10/12/2010) werd afgesloten met een klimaatakkoord dat mogelijks het pad zal effenen voor een meer doorgedreven internationaal klimaatbeleid en een globaal akkoord in Durban 2011, de volgende klimaatconferentie.
- Het [OSPAR-verdrag van 1992](#) voor de bescherming van het mariene milieu van de NO-Atlantische Oceaan (25/03/1998) heeft als belangrijkste doel:
 - het voorkomen en beëindigen van de verontreiniging van het mariene milieu;
 - het beschermen van het zeegebied tegen de nadelige effecten van menselijke activiteiten om de gezondheid van de mens te beschermen en het mariene ecosysteem in stand te houden;
 - indien mogelijk de aangetaste zeegebieden te herstellen;
 - bescherming van het mariene ecosysteem en de biologische biodiversiteit (Bijlage V – 1998);
- Het [Espoo-verdrag van 1991](#) over milieueffectenrapportering in een grensoverschrijdende context;
- Het [RAMSAR-verdrag \(1971-1975\)](#) over internationaal belangrijke watergebieden voor vogels en de bescherming van die gebieden (beperkt tot op een diepte van 6 m). Voor een situering van deze beschermingsgebieden wordt naar de discipline fauna en flora verwezen;
- Het [Verdrag van Bonn \(1979\)](#) inzake bescherming van trekkende (wilde) soorten en de verwante [ASCOBANS-overeenkomst \(1992\)](#) ter bescherming van kleine walvisachtigen in de Noordzee en de Oostzee;

- Het [Verdrag van Bern \(1979\)](#) inzake behoud van wilde dieren en planten en hun natuurlijke leefmilieu;
- Het [Verdrag inzake Biodiversiteit van Rio de Janeiro](#) door België ondertekend en goedgekeurd (11/05/1995, gepubliceerd 2/04/1997). De conventie erkent dat biologische diversiteit meer omvat dan planten, dieren, micro-organismen en hun ecosystemen, het gaat ook over mensen en hun voedselzekerheid, medicijnen, gezonde lucht en water, en een proper en gezond milieu om in te leven. Het doel van de CBD - Conventie (Convention on Biological Diversity) is:
 - het behouden van de biologische diversiteit;
 - het duurzaam gebruik van zijn componenten;
 - het eerlijk verdelen van de opbrengsten die voortkomen uit de natuurlijke rijkdommen;
- [Hoofdstuk 17 van Agenda 21](#) met betrekking tot de bescherming van zee- en kustgebieden;

Van minder direct belang zijn de volgende conventies en verdragen gerelateerd aan operationele lozingen en vervuiling ten gevolge van een ongeval;

- Het [OPRC \(1990\)](#) omtrent het paraat zijn, de samenwerking en de bestrijding van olievervuiling;
- Het [MARPOL 73/78 – Verdrag](#) en de bijlagen I (olie) en V (scheepsvuilnis) ter voorkoming van verontreiniging. Voor bijlage I en bijlage V is de Noordzee een ‘Speciale Zone’;
- De internationale conventies omtrent burgerlijke aansprakelijkheid inzake schade door vervuiling met olie (International Conventions on Civil Liability for Oil Pollution Damage ook gekend als [CLC 1969](#) en [CLC 1992](#)) omtrent de verplichte verzekering van de tankereigenaar;
- De internationale conventies voor de oprichting van een Internationaal Fonds voor de Compensatie van Olievervuilingsschade ([IOPC Fund 1971 en 1992](#)) ter aanvulling van de CLC 1969 en CLC 1992;
- De Internationale conventie omtrent de burgerlijke aansprakelijkheid van vervuilingsschade door [bunkerolie \(maart 2001\)](#). Deze conventie wordt van kracht op 21 november 2008;
- Het [Akkoord van Bonn \(1983\)](#) tussen de Noordzeestaten en de EG inzake wederzijdse hulp en samenwerking in bestrijding van (olie)vervuiling, en bewaking en controle ter voorkoming van overtreding van reglementen ter bescherming en bestrijding van pollutie.

1.3.2 Beleidsmatige randvoorwaarden

1.3.2.1 Doelstellingen voor Europa

De vooruitzichten voor ontginning en gebruik van de huidige energievormen en de steeds stijgende vraag naar energie leiden tot een Europese beleid dat enerzijds gericht is op een reductie van het energieverbruik en anderzijds op een streven naar het gebruik van nieuwe duurzame energievormen. De redenen daarvoor zijn velerlei, maar enkele belangrijke zijn:

- De Europese Unie streeft ernaar zoveel mogelijk zelf in te staan voor haar energievoorziening en bijgevolg zoveel mogelijk onafhankelijk te zijn van de buitenlandse energiemarkt. Op dit ogenblik is de Unie sterk gebonden aan de markt buiten de Unie voor haar huidige energievoorziening. De Conferentie van Rio van 1992 heeft de aanzet gegeven tot een duurzame ontwikkeling met als doel een betere verdeling van de bronnen (sociale billijkheid) en een levenskwaliteit die schade toebrengt noch aan het milieu noch aan de toekomst van de volgende generaties. De zwakke punten van fossiele brandstoffen

evenals de problemen met kernenergie die aan het licht zijn gekomen, noodzaken tot een waardering van andere en nieuwe energievormen;

- In december 2008 werd door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd (omgezet in richtlijnen in april 2009) waarmee het wettelijk kader werd gecreëerd om de doelstellingen die in 2007 door de Lentetop werden vooropgesteld, te realiseren:
 - De broeikasgasuitstoot tegen 2020 met 30 % te verminderen t.o.v. het referentiejaar 1990 als bijdrage tot een globaal en omvattend klimaatakkoord;
 - De broeikasgasuitstoot tegen 2020 met minstens 20 % te verminderen t.o.v. het referentiejaar 1990 in afwachting van een dergelijk akkoord;
 - Tegen 2020 aan 20 % van de energievraag met hernieuwbare energie te voldoen.

Er werd overeenstemming bereikt over de verdeling van deze inspanningen over de 27 lidstaten. Voor België betekent dit dat in de sectoren die niet onder de emissiehandel vallen, de uitstoot in 2020 met 15 % moet verminderen ten opzichte van 1990 en dat 13 % van het finale energieverbruik van hernieuwbare energiebronnen afkomstig moet zijn. De emissies van de industrie worden op Europees vlak aangepakt binnen het emissiehandelssysteem, waar de veiling van emissierechten geleidelijk aan wordt opgetrokken. Verder werden nog maatregelen genomen om de uitstoot van auto's te verminderen en om een kader te creëren voor de opslag van CO₂ in de ondergrond.

Het is ook van belang om de doelstellingen van de Europese Unie te vermelden voor een geïntegreerd kustzonebeheer, de bescherming van de (zee)biodiversiteit en de reductie van de zeevervuiling.

De recente mededelingen van de EG met betrekking tot het geïntegreerd kustzonebeheer (COM(2000) 547 en COM(2000) 545) wijzen op het belang van een aantal principes (breed perspectief op lange termijn, het plaatselijke perspectief, het werken met natuurlijke processen, de betrokkenheid van alle partners, actoren en besturen, en de correcte mix van instrumenten) waarmee rekening gehouden moet worden bij het beheer en de ontwikkeling van de kustzone. De principes van duurzame ontwikkeling zijn hier bijgevolg eveneens van belang.

De Europese Kaderrichtlijn Mariene strategie (2008/56/EG) van 17 juni 2008 stelt een kader vast om maatregelen te nemen om uiterlijk in 2020 een goede milieutoestand van het mariene milieu te bereiken of te behouden. Hierbij moet ook de impact van verschillende gebruikers van de Noordzee in beschouwing genomen worden.

1.3.2.2 Doelstellingen voor België en Vlaanderen

Op basis van het protocol van Kyoto moet ook België zijn broeikasgassenemissie reduceren. Onder de Burden Sharing Agreement tussen de Europese lidstaten, afgesloten volgens artikel 4 van het Kyotoprotocol heeft België een reductiedoelstelling vastgelegd van 7,5 % ten opzichte van 1990 voor de periode 2008-2012. Zoals reeds vermeld in voorgaande paragrafen, werd in december 2008 door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken naar 13 % hernieuwbare energie tegen 2020. Het aandeel van de hernieuwbare energiebronnen in het elektriciteitsverbruik in België bedraagt op dit ogenblik ca. 3 %.

Begin 2010 bracht EDORA (de Franstalige beroepsfederatie voor hernieuwbare energie) een studie uit over het realiseerbaar potentieel in 2020 voor hernieuwbare energie in België (EDORA, 2010). In deze studie wordt het routeplan tot het behalen van de doelstelling van 13 % hernieuwbare energie beschreven dat ontwikkeld werd voor het invullen van het Nationale Actieplan dat elke lidstaat moest indienen bij de Europese Commissie tegen uiterlijk 30 juni 2010. De studie toont aan dat 16 tot 18 % van de bruto energievraag in België uit hernieuwbare energiebronnen kan komen tegen 2020. Van de vraag naar elektriciteit – goed voor een kwart van ons energieverbruik – zou bijna 28 % uit hernieuwbare bronnen kunnen komen, vooral dankzij windturbines op land en op zee en via zonnepanelen. De studie voorziet ondermeer 2.800 MW opgesteld vermogen aan windturbines op zee. Om dit toekomstbeeld te verwezenlijken zijn aangepaste en dringende beleidsmaatregelen vereist. Zo zal het noodzakelijk zijn voor het installeren van 2.800 MW windturbines op zee om snel een nieuw concessiegebied open te stellen specifiek voor offshore windenergie.

Zowel op federaal als op Vlaams niveau blijven naast maatregelen zoals een verhoogde fiscale aftrek, een ecologiepremie, etc., de groenestroomcertificaten de belangrijkste steunmaatregel ter bevordering van hernieuwbare energie. Het Vlaamse Gewest heeft in het Elektriciteitsdecreet van 17 juli 2000 het systeem van groenestroomcertificaten opgenomen dat gestart is op 1 januari 2002. Dit verplicht de elektriciteitsleveranciers om een gedeelte van de geleverde stroom in te vullen met groene stroom. Dit percentage stijgt jaarlijks en zal oplopen van 1,2 % in 2004 tot 6 % in 2011. Een leverancier kan aan die verplichting voldoen door zelf groene stroom te produceren of door groenestroomcertificaten aan te kopen op de markt. Zij zullen jaarlijks groenestroomcertificaten moeten voorleggen, en dit voor het opgelegde minimum percentage van hun leveringen. Indien de leverancier niet voldoet aan deze opgelegde minima, dan wordt hem een administratieve geldboete opgelegd. Op het federale niveau zijn de specifieke maatregelen ter bevordering van elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare energiebronnen vervat in het KB van 16 juli 2002, gewijzigd door KB 5 oktober 2005 en KB van 31 oktober 2008 betreffende de instelling van mechanismen voor de bevordering van elektriciteit opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen. Volgens artikel 2 van het wijzigingsbesluit van 31 oktober 2008 is de netbeheerder verplicht, in het kader van zijn taak van openbare dienstverlening, groenestroomcertificaten aan te kopen die zijn afgeleverd krachtens dit besluit en krachtens de elektriciteitsdecreten en -ordonnantie, van de groenestroomproducent die hierom verzoekt, tegen een minimale prijs die bepaald is in functie van de gebruikte productietechnologie. Voor offshore windenergie bedraagt deze prijs 107 €/MWh voor elektriciteit opgewekt met installaties die het voorwerp uitmaken van een domeinconcessie en voor de productie die volgt uit de eerste 216 MW geïnstalleerde capaciteit, en 90 €/MWh voor elektriciteit opgewekt met installaties die het voorwerp uitmaken van dezelfde domeinconcessie en voor de productie die voortvloeit uit een geïnstalleerde capaciteit boven de eerste 216 MW.

Deze aankoopverplichting begint bij de inwerkingstelling per productie-eenheid van offshore windenergie voor een periode van 20 jaar.

Daarnaast biedt de Wet van 29 april 1999 betreffende de organisatie van de elektriciteitsmarkt, gewijzigd door de wet van 1 juni 2005, een rechtszeker kader voor de ontwikkeling van offshore windparken, door volgende maatregelen:

- de verplichting voor de beheerder van het nationaal transmissienet van elektriciteit om groenestroomcertificaten aan te kopen tegen een minimumprijs en deze daarna te verkopen;
- de verplichting voor de beheerder van het nationaal transmissienet van elektriciteit om in te staan voor één derde van de kostprijs van de onderzeese kabel, aansluitingsinstallaties, uitrustingen en de aansluitingsverbindingen van de offshore windinstallaties en dit met een maximumbedrag van 25 miljoen euro;
- de verplichtingen van de netbeheerder met betrekking tot de productieafwijking.

Het huidige nucleaire energiebeleid is daarenboven gericht op een afbouw van het bestaande nucleaire energiepark op relatief korte termijn (2014-2025) (desactivering van kerncentrales ouder dan 40 jaar). Dit betekent dat een bijkomende druk zal ontstaan om hernieuwbare energiebronnen te gebruiken voor elektriciteitsproductie om een te groot conflict met de Kyoto doelstellingen te voorkomen.

Naast de doelstellingen betreffende de energieproductie en -consumptie, en de doelstelling inzake de uitstoot van broeikasgassen en klimaatveranderingen dienen ook andere beleidsdoelstellingen gecontroleerd te worden. Vooral de Belgische of Vlaamse beleidsdoelstellingen inzake geïntegreerd kustzonebeleid en de mariene vervuiling lijken hier relevant. Dit heeft onder andere geleid tot de oprichting van het Coördinatiepunt voor Geïntegreerd Beheer van Kustgebieden en de Kustwacht.

1.3.2.3 Het aandeel van de geleverde energie door North Sea Power in de federale verplichting

Volgens cijfers van Elia bedroeg het elektriciteitsverbruik in 2009 ongeveer 80.194 GWh (CREG, 2010). Indien we rekening houden met de inspanningen op vlak van rationeel energiegebruik, wordt aangenomen dat er de komende jaren nagenoeg geen stijging van de hoeveelheid gevraagde elektriciteit meer zal optreden. De studie van het Federaal planbureau (Gusbin & Hoornaert, 2004) schatte de stijging van energie voor de periode 2000-2030 op 0,5 % per jaar. Indien er een aandeel van 13 % van de totale elektriciteitslevering in België uit hernieuwbare energiebronnen moet worden onttrokken tegen 2020, dan betekent dit een totaal volume van ongeveer 11.200 GWh tegen 2020. Gezien er momenteel slechts ca. 3 % (begin 2010) van de elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen wordt onttrokken, dient er tegen 2020 nog ongeveer 8.600 GWh ingevuld te worden.

Het windpark North Sea Power zal 800 tot 1.500 GWh/jaar produceren, dit betekent ongeveer 9,3 tot 17,4 % van de nog in te vullen hernieuwbare energieproductie van de totale doelstelling voor ons land tegen 2020².

² Op basis van gegevens van 2009.

2 PROJECTBESCHRIJVING

2.1 ALGEMENE BESCHRIJVING VAN DE ACTIVITEIT

Globaal genomen kunnen de activiteiten van het project als volgt worden gedefinieerd:

- De ontwikkelingsfase (2007 – 2014):
 - Studie, voorbereiding en opmaak concessiedossier en doorlopen concessieprocedure;
 - Opmaak MER en vergunningsaanvragen;
 - De vergunningsprocedures;
 - Engineering, opmaak lastenboeken, offertevragen en onderhandelingen met betrekking tot de windturbines, de offshore hoogspanningsstations (Offshore High Voltage Station of OHVS), de elektrische bekabeling binnen het park en de zeekabel, de netkoppeling, etc.;
 - Geotechnisch onderzoek, funderingsontwerp, opmaak lastenboeken, prijsvragen en onderhandelingen m.b.t. de realisatie van de funderingen;
 - De financiële analyse en de onderhandelingen inzake de financiering van het project;
 - De investeringsbeslissingen en toewijzing van de opdrachten.
- De constructiefase (2014 – 2016):
 - De inrichting van de pre-assemblage plaats in de haven;
 - Voorbereiding en opbouw in de haven van de funderingen voor de windturbines, de windturbines zelf en de offshore hoogspanningsstations (transformatorplatformen) (indien van toepassing);
 - Voorbereiding op zee van de bouwplaats van windturbines en de offshore hoogspanningsstations;
 - Aanvoer en plaatsing van de funderingen op zee;
 - Installatie van transitiestukken (indien van toepassing);
 - Installatie van parkbekabeling;
 - Installeren van erosiebescherming (indien van toepassing);
 - Installeren van de offshore hoogspanningsstations;
 - Installeren van exportkabel(s);
 - Commissioning van alle elektrische componenten;
 - Aanvoer en oprichting op zee van de windturbines en de offshore hoogspanningsstations;
 - Commissioning windturbines;
 - Planning: de oprichting van het windpark wordt gepland in twee verschillende fases:
 - Tijdens de eerste bouwfase worden de funderingen van alle turbines opgebouwd en de parkbekabeling gelegd. Dit zal vermoedelijk het gros van 1 jaar in beslag nemen;
 - Tijdens de tweede bouwfase worden de offshore hoogspanningsstations gebouwd, de exportkabel gelegd en worden de turbines zelf opgericht;
 - Het volledige North Sea Power windpark met een totaal nominaal vermogen tot 470 MW kan aldus begin 2016 operationeel zijn;
 - Indien het park alsnog in 1 doorlopende fase zou gebouwd worden, is de bovenstaande volgorde opnieuw van toepassing, alleen zal de bouw dan in 1 keer en vermoedelijk in de tijdsspanne van 1

jaar kunnen gebeuren. Voor de verdere uitbouw van onderhavige studie wordt echter de planning met 2 fases bestudeerd, dit is het worst-case scenario.

- De exploitatiefase (2016 – 2036):
 - De windturbines produceren elektriciteit die via de vermogenkabels naar het land wordt gevoerd en geïnjecteerd wordt in het openbare elektriciteitsnet;
 - Op geregelde tijdstippen wordt gepland (preventief) onderhoud uitgevoerd ten einde de installatie in optimale conditie te houden en storingen te vermijden;
 - Volgens noodzaak wordt er storingsonderhoud uitgevoerd;
 - Voor de dagelijkse exploitatie van het windpark zal men beroep doen op een centraal controlecenter. Een team van gekwalificeerde technici zal worden belast met preventieve en curatieve onderhoudstaken.
- De ontmantelingsfase:
 - Demontage en afvoer van de windturbineonderdelen en de offshore hoogspanningsstations;
 - Verwijdering van de funderingen;
 - Verwijdering van de elektrische kabels (indien noodzakelijk).

2.2 INPLANTING

Voor de lay-out van het park wordt uitgegaan van de volgende randvoorwaarden:

- In het streven naar een optimale inplanting wordt rekening gehouden met:
 - Een optimale oriëntatie van de windturbinerijen naar de overheersende windrichtingen om de efficiëntie van het windpark te optimaliseren. De dominante windrichting in deze gebieden is het zuidwesten;
 - Het optimaliseren van de tussenafstanden tussen de windturbines om de veilige werking van de windturbines over de gehele ontwerpleeftijd te garanderen, en anderzijds het geïnstalleerde vermogen te maximaliseren op de beschikbare oppervlakte;
 - Het geschrinkt opstellen van de windturbinerijen om enerzijds de ongestoorde windstromen zo ver mogelijk in het windpark te laten doorstromen, en anderzijds de geïnduceerde turbulenties in de wind tot een minimum te reduceren. Dit laatste is van primordiaal belang om het veilig en goed functioneren van het windpark over de gehele ontwerplevensduur te verzekeren.
- Norther wenst gebruik te maken van de best beschikbare technologie ('BBT') die op het ogenblik van installatie van de turbines op de markt van windturbines beschikbaar zal zijn;
- Norther wenst de mogelijkheid open te laten om de BBT, die in de loop van de procedures voor het bekomen van de vergunningen beschikbaar worden, te kunnen voorstellen;
- Te respecteren bufferzones tussen de exportkabel en de bestaande kabel en leidingen:
 - Buffer van 250 m t.o.v. telecom- en elektriciteitsleidingen: rond de Concerto South en Concerto East telecom kabels, de Rembrand KPN telecom kabel en de hoogspanningskabels van C-Power/Belwind/Eldepasco werd een bufferzone van 250 m bepaald waarbinnen geen windturbines worden ingeplant;

- Buffer van 500 m t.o.v. de onderzeese gasleidingen die het gebied doorkruisen (Interconnector gasleiding en 'Seapipe' van Statoil). In het alternatief 1 van het Norther kabeltracé kan het noodzakelijk zijn om hierop een uitzondering te maken, ter hoogte van kruising met de vaargeul 'Scheur'. In voorkomend geval zullen hiervoor de nodige afspraken worden gemaakt tussen de initiatiefnemer en de respectieve uitbaters/eigenaars van de leiding;
 - Buffer van 1000 m rond de zone waarvoor C-Power een domeinconcessie verkregen heeft. Norther heeft er voor gekozen een buffer van 1 km te nemen t.o.v. het concessiegebied van C-Power. Dit is een afweging tussen het uitsluiten van een totale beïnvloeding tussen de twee parken enerzijds en het nastreven van een optimale benutting van de zone voor ontwikkeling van windparken anderzijds. De tussenafstand van 1 km (zijnde ongeveer 8 rotordiameters) is hoger dan de afstand tussen twee turbines intern in het park en zorgt ervoor dat het mogelijk parkeffect alleszins niet substantieel is, terwijl toch vermeden wordt dat een te groot deel van de projectzone opgeofferd wordt;
 - Buffer van 500 m langsheen de Belgisch - Nederlandse grens;
 - Om interferentie van andere toegestane activiteiten op zee met het windpark te vermijden, wordt rond het concessiedomein een bufferzone van 500 m voorgesteld.
- Minimaliseren van milieueffecten;
 - Maximaal gebruik van de beschikbare open ruimte voorzien voor windenergie.

2.3 ALTERNATIEVE CONFIGURATIES NORTH SEA POWER

Bovengenoemde overwegingen hebben geleid tot het weerhouden van drie alternatieve configuraties voor het North Sea Power windpark. Deze drie alternatieve configuraties worden weergegeven op Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3. Figuur 1.1.1 geeft de ligging van het windpark weer. Conform het KB d.d. 20/12/2000 (gewijzigd door KB d.d. 17/5/2004, 28/09/2008 en 03/02/2011) is op deze figuur aangegeven:

- De afbakening van de zone waarvoor de aanvraag wordt ingediend, met verduidelijking van de lokalisering van de installatie in verhouding tot de maritieme activiteiten die er worden verricht;
- De aanduiding van de grenzen van de naburige blokken binnen de Belgische juridisch afgebakende zone voor windparken;
- De twee alternatieven voor het kabeltracé van de door de installaties geproduceerde elektriciteit tot aan de voor de aansluiting in Zeebrugge op het net geplande vertakking.

De coördinaten van de hoekpunten van de concessie, de mogelijke locaties van de windmeetmast, locaties van de OHVS, de turbines per configuratie en alternatieve kabeltracés zijn opgenomen in Bijlage 2.3.1.

[Bijlage 2.3.1: Coördinaten van de hoekpunten van de concessie, mogelijke locaties van de windmeetmast, locaties van de OHVS, de turbines per configuratie en alternatieve kabeltracés](#)

De basis voor de inplanting van de windturbines is een rooster waarbij de turbines punten innemen die gelegen zijn op minstens 5 à 8 rotordiameters van elkaar. Het rooster dient op sommige plaatsen onderbroken te worden of aangepast, om rekening te houden met de bestaande beperkingen (onderzeese kabels). Ook worden de hierboven vermelde tussenafstanden soms aangepast (vergroot) omdat de dimensies van de diverse deelzones toch niet toelaten om er meer turbines in te planten.

Drie alternatieve configuraties worden weerhouden, die zich in de eerste plaats onderling onderscheiden in de rotordiameter van de turbines:

- **Configuratie 1:** 86 windturbines met rotordiameter ca. 120 m, met een individueel vermogen tussen 3 en 4,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 320 MW. Als typevoorbeelden geldt de Siemens SWT-3.6 turbine (rotor Φ : 120 m) (3,6 MW per turbine \rightarrow 310 MW totaal geïnstalleerd vermogen);
- **Configuratie 2:** 74 windturbines met rotordiameter ca. 130 m, met een individueel vermogen tussen 5 en 6,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 420 MW. Als typevoorbeeld geldt de 6M REpower turbine (6,15 MW per turbine \rightarrow 455 MW totaal geïnstalleerd vermogen);
- **Configuratie 3:** 47 windturbines met rotordiameter ca. 150 m, met een individueel vermogen tussen 7 en 10 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 400 MW. Als typevoorbeeld geldt de Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower (10 MW per turbine \rightarrow 470 MW totaal geïnstalleerd vermogen).

Samenvattend wordt voor de park lay-out rekening gehouden met een vermogensrange van 3 MW tot 10 MW per turbine (met een totaal geïnstalleerd vermogen tot 470 MW), waarbij de Siemens SWT-3,6-120 turbine (3,6 MW), de 6M REpower turbine (6,15 MW) en de Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower (10 MW) als typevoorbeelden worden uitgewerkt in het MER.

2.4 BESCHRIJVING VAN DE TECHNOLOGIE

In onderstaande tabel wordt een korte samenvatting gegeven van de basisparameters gehanteerd bij het conceptontwerp voor het North Sea Power windpark:

Onderwerp	Omschrijving
Locatie	
Situering	<ul style="list-style-type: none"> • Gelegen op 20 à 30 km van de kust; • Ten zuidoosten van de Thorntonbank langs de grens met Nederland; • Het projectgebied ligt in het uiterste zuidoosten van de zone afgebakend voor de inplanting van offshore windparken vastgelegd door het Koninklijk Besluit van 17/05/2004, gewijzigd door het KB van 03/02/2011; • De noordelijke grens van het projectgebied ligt op ca. 1 km van de domeinconcessie van C-Power nv, met inachtneming van de bufferafstanden.
Oppervlakte concessiegebied	Ongeveer 44 km ²
Parkinrichting	<ul style="list-style-type: none"> • Inplanting: drie alternatieve configuraties, zie Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3; • Diepte van de zeebodem ter hoogte van het concessiegebied: -14 tot -30 meter TAW³; • Te respecteren afstanden tot de Interconnector gasleiding en de 'Seapipe' gasleiding van Statoil (500 m)⁴ en telecom- en elektriciteitsleidingen (250 m), en te respecteren bufferzone van 1000 m rond de zone waarvoor C-Power een domeinconcessie verkregen heeft.

³ De Tweede Algemene Waterpassing (TAW) is de referentiehoogte waartegenover hoogtemetingen in België worden uitgedrukt. Een TAW-hoogte van 0 meter is gelijk aan het gemiddeld zeeniveau bij laagwater te Oostende.

Windturbines	
Inplanting	Drie alternatieve configuraties; zie Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3.
Type - Vermogen - Rotordiameter	<p>3 tot 10 MW per turbine; diverse turbines komen hiervoor in aanmerking. Voor de drie alternatieve configuraties wordt gewerkt met typevoorbeelden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Configuratie 1: windturbines met rotordiameter 120 m, met een individueel vermogen tussen 3 en 4,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 320 MW. Als typevoorbeeld geldt de Siemens SWT-3.6-120 turbine; • Configuratie 2: windturbines met rotordiameter 130 m, met een individueel vermogen tussen 5 en 6,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 420 MW. Als typevoorbeeld geldt de 6M REpower turbine (6,15 MW turbine); • Configuratie 3: windturbines met rotordiameter 150 m, met een individueel vermogen tussen 7 en 10 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van 400 MW. Als typevoorbeeld geldt de Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower (10 MW turbine).
Aantal	<p>Voor de drie alternatieve configuraties zijn volgende aantallen kenmerkend:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Configuratie 1: 86 turbines; • Configuratie 2: 74 turbines; • Configuratie 3: 47 turbines.
Productie	Circa 800 tot 1.500 GWh/jaar
Fundering windturbines	
Ofwel monopile	<p>De monopile (of monopaal) is een stalen buispaal die in de grond geheid en/of geboord wordt. De diepte waarover geheid moet worden om een stabiele fundering te bekomen, hangt af van het bodemprofiel. Rond de paal wordt een erosiebescherming aangebracht.</p> <p>Dit funderingstype kan gebruikt worden bij configuratie 1 en 2.</p>
Ofwel jacket	<p>De jacket fundering bestaat uit een vakwerktoren, opgebouwd uit stalen buizen met vier steunpunten, en wordt zelf gefundeerd met geheide palen. Northor voorziet geen erosiebescherming rondom dit funderingstype.</p> <p>Dit funderingstype kan toegepast worden bij configuratie 2 en 3.</p>
Ofwel gravitaire fundering	<p>Een gravitaire fundering bestaat uit een massieve betonnen blok, die overgaat in een smallere sectie, waarop de windturbine gemonteerd wordt. De fundering wordt geprefabriceerd op land en wordt vanaf het schip of ponton neergelaten op de vooraf vlak gemaakte zeebodem. Rond de fundering wordt een erosiebescherming aangebracht.</p> <p>Dit funderingstype kan toegepast worden bij configuratie 2 en 3.</p>
Windmeetmast	
Aantal	2 masten (optioneel)
Positie	Afhankelijk van de configuratie: zie Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3.
Fundering hoogspanningsstations en windmeetmast	
Type	<ul style="list-style-type: none"> • Hoogspanningsstations: monopile of jacket fundering • Windmeetmast: monopile
Elektrische infrastructuur	
Parkkabels binnen het windpark	<ul style="list-style-type: none"> • De windturbines worden in groepen van telkens ca. 30 MW verbonden op 33 - 36 kV (wisselspanning) met een onderzeese kabel; • Kabeltracés: zie Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3; • Aanlegdiepte kabels: ca. 1 m in de zeebodem.
Offshore hoogspanningsstation (OHVS of transformatorplatform)	<ul style="list-style-type: none"> • Aantal: twee; • Step-up transformatoren 33 – 36 kV → 150 kV of 220 kV

⁴ In het alternatief 1 van het Northor kabeltracé kan het noodzakelijk zijn om hierop een uitzondering te maken, ter hoogte van kruising met de vaargeul 'Scheur' (zie hoofdstuk 3.4 en Kaart 2.4.1). In voorkomend geval zullen hiervoor de nodige afspraken worden gemaakt tussen de initiatiefnemer en de respectieve uitbaters/eigenaars van de leiding.

Kabels naar land	<ul style="list-style-type: none"> Vermogenkabels van 150 kV of 220 kV (wisselspanning); Kabeltracé: 2 alternatieve routes, zie Kaart 2.4.1; De bekabeling zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door Maritieme Toegang (departement Mobiliteit en Openbare Werken); Aansluitingspunt: Zeebrugge.
Exploitatie	
Besturing en bewaking windpark	SCADA-systeem (Supervisory, Control And Data Acquisition) vanuit een controlekamer op het land
Frequentie gepland onderhoud	1 maal per jaar, exclusief ongepland onderhoud en reparaties
Logistiek – toegang naar windpark	Toegang met behulp van onderhoudsschepen (windcats) of toegang met behulp van helikopters.

Achtereenvolgens zullen de volgende componenten in detail besproken worden:

- Windturbine;
- Funderingen;
- Offshore hoogspanningsstation;
- Windmeetmast;
- Erosiebescherming;
- Bekabeling.

2.4.1 Windturbines

2.4.1.1 Type windturbine

Norther beoogt voor het geplande windpark de best beschikbare technologie ('BBT') in te zetten. In Tabel 2.4.1 wordt een overzicht gegeven van een selectie van reeds beschikbare of in ontwikkeling zijnde windturbines.

Tabel 2.4.1: Overzicht mogelijk aan te wenden windturbines

Naam	Vermogen	Rotordiameter	Status ontwikkeling
Siemens SWT-3.6-120 turbine	3,6 MW	120 m	Beschikbaar
Siemens SWT-X MW-120 turbine	4+ MW	120 m	In ontwikkeling
General Electric GE 4.1MW	4,1 MW	112 m	Beschikbaar
Darwind	5 MW	115 m	In ontwikkeling
Multibrid Turbine M5000	5 MW	116 m	Beschikbaar
BARD Engineering	5 MW	122 m	Beschikbaar
REpower 5M/6M turbine	5 of 6,15 MW	126 m	Beschikbaar
Vestas 7 MW turbine	7MW	164 m	In ontwikkeling
Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower	10 MW	150 m	In ontwikkeling

Gezien de nog te verwachten ontwikkelingen in de sector en het feit dat nog geen aanbestedingsprocedure is doorlopen, kan op dit ogenblik niet eenduidig bepaald worden welk type turbine zal gekozen worden en wat het nominaal vermogen per turbine zal zijn. De drie weerhouden alternatieve configuraties (Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3) staan garant voor de volledige range van installatiemogelijkheden binnen het

North Sea Power windpark. De drie alternatieve configuraties onderscheiden zich onder andere in rotordiameter; diameter 120 m, 130 m en 150 m. De rotordiameter bepaalt op zijn beurt het aantal te installeren turbines. Het aantal geïnstalleerde turbines en het vermogen per turbine (veronderstelde range van 3 tot 10 MW) bepalen gezamenlijk het totaal geïnstalleerde vermogen. Het MER zal daarom worden uitgewerkt voor deze drie alternatieve configuraties.

De aanvrager wil voor het geplande windpark de best beschikbare technologie ('BBT') inzetten. Dat betekent dat er in de diverse stadia van het project steeds opnieuw zal geëvalueerd worden welk type windturbine:

- commercieel beschikbaar is;
- geschikt is voor offshore toepassing (met aangepaste certificering);
- inzake aantal en vermogen past binnen de aangevraagde/toegekende concessie en vergunning;
- past in het financieel plan;
- een afdoende track record kan voorleggen.

Bovenstaande impliceert dat Norther in de loop van het project zijn uiteindelijke keuze zal maken voor een windturbine met een vermogen in de range van 3-10 MW en op basis van die keuze de uiteindelijke park-layout zal definiëren. De afmetingen van de uiteindelijk gekozen turbine en funderingstypes, dienen equivalent of inferieur te zijn aan de binnen het MER beschreven types.

Voor de beschrijving van de milieueffecten wordt geopteerd om gebruik te maken van typevoorbeelden die garant staan voor de volledige range van 3 tot 10 MW, namelijk de Siemens SWT-3.6-120 turbine, de REpower 6M turbine en de 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower voor respectievelijke configuraties 1, 2 en 3. De GE 4.1 MW turbine (112 m rotor diameter) zou op zich ook als typevoorbeeld voor configuratie 1 kunnen dienst doen, maar in het kader van effectbespreking werd geopteerd om de grotere diameter van de Siemens als typevoorbeeld mee te nemen.

2.4.1.2 Algemene turbinekenmerken

De gekozen windturbines zijn ontworpen voor een technische levensduur van minimaal 20 jaar en zijn gecertificeerd door een erkend orgaan voor volgende specifieke elementen:

- Bouwtechnisch en mechanisch ontwerp;
- Vermogen curve;
- Power quality.

Van de drie typevoorbeelden van windturbines wordt een brochure opgenomen in Bijlage 2.4.1.

[Bijlage 2.4.1: Brochures windturbines](#)

Een windturbine zet windenergie om in mechanische energie die door een generator wordt geconverteerd in elektrische energie. De voornaamste componenten zijn de rotor, de gondel, de mast, de elektrische en besturingscomponenten.

2.4.1.3 Rotor

Elke windturbine beschikt over een rotor die de windenergie vangt en omzet in een draaiende beweging (mechanische energie). In essentie wordt de rotor gevormd door een as waarop 3 bladen zijn gemonteerd. De technische kenmerken van de rotor zijn:

- Aantal bladen (wieken): 3;
- De bladen worden voorzien van bliksembeveiliging;
- Draaizin: wijzerzin;
- Toerental: 5-13 rpm voor de Siemens SWT-3.6-120 turbine, 7-12 rpm voor REpower 6M windturbine en 6-11,5 rpm voor de Britannia C-150 windturbine van Clipper Windpower;
- Opstart bij windsnelheid: 3-5 m/s (cut-in wind speed);
- Stop bij windsnelheid 25-30 m/s (cut-out wind speed). Uit veiligheidsoverwegingen worden de windturbines stilgezet bij storm wat betekent dat de wieken in vaanstand worden gezet;
- Rotordiameter: 120 m voor de Siemens SWT-3.6-120 turbine en 126 m voor REpower 6M windturbine; naar verwachting circa 150 m voor de 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- Bladmateriaal: composietmateriaal (glasvezel versterkte kunststoffen);
- Pitch systeem voor onafhankelijke regeling van de bladstand van elke wijk.

2.4.1.4 Gondel

De gondel die zich boven op de mast bevindt, is de eigenlijke machinekamer van de windturbine. Aan de gondel is de rotor opgehangen. In de gondel bevinden zich:

- De generator die de draaiende beweging omzet in elektrische energie op laagspanning:
 - De trage as verbindt de traag draaiende rotor met de tandwielkast;
 - Via de tandwielkast wordt de trage draaibeweging omgezet naar het veel hogere toerental van de generator;
 - Bij sommige windturbines wordt gewerkt met een direct aangedreven ring-generator (bestaande uit een stator en rotor); er is bijgevolg geen tandwielkast;
- Randapparatuur van de windturbine zoals ventilatoren om de gondelruimte te koelen (verwijderen van overtollige warmte opgewekt door de generator), kruimotoren, hydraulische systemen ten behoeve van het pitchen van de wieken, etc.;
- Elektrische installatieonderdelen opgesteld in elektrische kasten (vermogen gedeelte en stuurgedeelte);
- De machineonderdelen in de gondel zijn gemonteerd op een stalen frame. Rond dit frame is een gondelbehuizing gemaakt uit glasvezelversterkte kunststof. De vormgeving is afhankelijk van de windturbineleverancier;
- In de gondel zijn een aantal toegangen en uitgangen voorzien:
 - Toegang vanuit toren (via lift of ladder) naar de gondel (meest gebruikte toegang);
 - Takelopening om bepaalde componenten naar beneden te laten;
 - De gondel kan bovenaan opengemaakt worden indien grote onderdelen uit de gondel via een externe kraan moeten verwijderd worden;

- Vanuit de elektrische kasten in de gondel vertrekken vermogen- en stuurkabels die in de windturbinemast zijn opgehangen en naar de voet van de windturbine lopen;
- De dimensies van de gondel zijn van de grootteorde:
 - Lengte: ca. 15-25 m;
 - Breedte/hoogte (in geval van kubusvormige gondel): ca. 12 m/6 m.
- De gondel is uitwendig uitgerust met sensoren voor meting van windrichting en windsnelheid.

2.4.1.5 Tandwielkast

De meeste windturbines zijn uitgerust met een tandwielkast die de traag draaiende beweging van de rotor omzet naar een hoog toerental geschikt voor het aandrijven van de generator via een flexibele koppeling.

In de tandwielkast bevindt er zich smeerolie:

- Olivolume in de tandwielkast: ca. 750-1000 liter;
- De ontwerpwaarde voor de standtijd van de olie is 5 jaar; d.w.z. dat om de 5 jaar de olie wordt vervangen en afgevoerd naar een erkende verwerker op land;
- De tandwielkast is uitgerust met een oliekoelsysteem (circulatiepomp en koeling). De tandwielkast is uitgerust met diverse sensoren (drukmetingen, olietemperatuurmetingen, temperatuurmetingen in lagers, trillingsmetingen, etc.).

2.4.1.6 Elektrisch systeem

Het elektrisch systeem omvat alle componenten die de mechanische energie opgewekt door de rotor omzetten in bruikbare elektrische energie d.w.z. aangepast aan de vereisten van het elektriciteitsnet waarop de energie geïnjecteerd zal worden. Het elektrisch systeem wordt hieronder beknopt beschreven.

- De windturbines uitgerust met een tandwielkast werken met een klassieke generator (bestaande uit stator en een snel draaiende rotor) die de elektriciteit opwekt op wisselspanning (laagspanning);
- De opgewekte stroom wordt via stroomkabels naar de voet van de windturbine gevoerd;
- Bij een windturbine zonder tandwielkast wordt gelijkspanning opgewekt via gelijkrichters en vervolgens door middel van invertoren omgezet in wisselspanning (laagspanning).

In de voet van elke windturbine bevinden zich de transformatoren (naar verwachting 1 – 4 per turbine) die betreffende capaciteit aangepast zijn aan het vermogen van de windturbine. De transformatoren kunnen eveneens opgesteld zijn in de gondel.

De transformatoren zijn ofwel van het droge type ofwel oliegekoeld (ca. 1.000 liter olie per transformator; voorzien van inkuiping). De transformatoren in de windturbines transformeren de opgewekte elektriciteit van laagspanning naar het spanningsniveau 33 - 36 kV.

Elke windturbine is via de parkbekabeling aangesloten op een offshore hoogspanningsstation van het windpark (transformatorplatform); elke turbine is uiteraard uitgerust met de nodige elektrische beveiligingen (netbewaking, synchronisatie-eenheid, lastschakelaars, vermogensschakelaars, aarding, etc.).

2.4.1.7 Besturing

Het besturingssysteem van de windturbine dient ervoor te zorgen dat de windturbine op een veilige en efficiënte manier werkt. Het besturingssysteem van elke windturbine heeft volgende functies:

- Het zich richten van de windturbine naar de wind; daarbij wordt de rotor gedraaid naar de wind (aansturen van de kruimotoren) en worden de wieken in optimale positie geplaatst (pitch-regeling);
- Alle elektrische regelsystemen voor het opwekken van de elektriciteit overeenkomstig de vereiste karakteristieken voor het net;
- Regeling van randapparatuur zoals koeling van de gondel, oliekoeling tandwielkasten (indien aanwezig), koeling van elektrische kasten, etc.;
- Databewakings- en verwerkingssysteem (SCADA-systeem, Supervisory Control and Data Acquisition) dat via datakabels in verbinding staat met het supervisiesysteem van de windturbineleverancier op land en met een centraal controlecenter. Volgende signalen worden doorgegeven naar het supervisiesysteem (niet-limitatieve lijst):
 - Windsnelheid en –richting;
 - Temperaturen (omgeving, gondel, elektrische kasten, etc.);
 - Rotor- en generatorsnelheid;
 - Gegevens opgewekte energie (per fase) (frequentie, spanning, stroomsterkte, etc.);
 - Vermogen;
 - Pitch positie bladen, kruipositie;
 - Trillings- en temperatuurgegevens van bepaalde lagers;
 - Generatortemperatuur (in de wikkelingen);
 - Operation status (manueel of automatisch);
 - Temperatuur, druk, niveau van olie in tandwielkast, hydraulische systemen, etc.;
 - Kabeltorsie;
 - Toestandsgegevens van back-up batterijen;
 - Videogegevens van camera's opgesteld in het windpark;
 - Gegevens van de meteomasten.

2.4.1.8 Mast (toren)

De mast is de verbinding tussen de gondel (machinekamer) en de fundering van de windturbine.

De mast is een stalen buis opgedeeld in 3 tot 5 segmenten. De toren is voorzien van een inwendige en uitwendige conservering (coating) aangepast voor offshore staalconstructies. De dimensies van de toren van typevoorbeelden van windturbine zijn:

- Interface level (bovenste stuk van transitiestuk waarop de windturbine wordt geplaatst): ca. 17 m boven LAT ('Lowest Astronomical Tide' of Laagste astronomische getij⁵);

⁵ Het laagste getijdenniveau dat voorspeld kan worden onder gemiddelde meteorologische omstandigheden en onder elke combinatie van astronomische omstandigheden

- Naafhoogte: de naafhoogte (gerekend vanaf LAT) bedraagt ca. 82 m voor de Siemens SWT-3.6-120 turbine, ca. 95 m voor de REpower 6M turbine en ca. 117 m voor de 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- Diameter aan de voet: ca. 4,5 m voor de Siemens SWT-3.6-120 windturbine, ca. 7 m voor de REpower 6M windturbine en 7,3 m voor de 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower.

De mast is inwendig voorzien van:

- Een technische dienstlift ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden;
- Een ladder met klimgeleiding (mits gebruik van de valbeveiliging);
- Kabelgeleidingen;
- Diverse tussenplatformen.

In het onderste gedeelte van het eerste mastdeel (de voet van de windturbine) bevinden zich de elektrische beveiligingssystemen voor de aansluiting naar het elektrische net. Eventueel zijn ook de transformator(en) opgesteld in de voet van de windturbine. In dit eerste mastdeel bevindt zich de toegangsdeur tot de mast (wat de normale toegang is tot de windturbine) met er rond een toegangsplatform.

2.4.1.9 Specifieke ontwikkelingen voor het offshore concept

Bij offshore toepassing van windturbines zijn de volgende zaken specifiek:

- Redundante uitvoering van bepaalde componenten, wat betekent dat de turbine uitgevoerd wordt met meervoudig aanwezige onderdelen. Gezien toegankelijkheid tot de windturbines bemoeilijkt kan worden door weersomstandigheden, is het ontwerp van offshore windturbines gericht op het minimaliseren van interventies. Bijgevolg zullen bepaalde componenten redundant uitgevoerd worden, zodat het geheel goed blijft functioneren wanneer een of meer onderdelen defect raken of verloren gaan;
- Corrosiebescherming: gezien de vochtige en zouthoudende omgeving zal de corrosiebescherming van de windturbine specifiek hieraan aangepast zijn;
- Alle in de windturbine aanwezige elektromechanische componenten worden extra beschermd tegen contact met de vochtige en zilte omgeving. De gondel is voorzien van een klimaatregelaar, die de lucht van buitenaf filtert en verwarmt indien nodig. De zilte lucht wordt niet rechtstreeks binnen gelaten in de turbine en luchtvochtigheid wordt op een bepaald peil gehouden;
- Intern kraansysteem in de gondel. Dit kraansysteem zorgt voor een korte responstijd bij problemen waardoor het mogelijk is om zonder hulp van een externe kraan bepaalde onderdelen uit de gondel te hijsen;
- Op zee worden verhoudingsgewijs lagere ashoogtes toegepast voor de windturbines dan op land;
- Zeer sterk doorgedreven en uitgewerkt SCADA-systeem (Supervisory Control And Data Acquisition systeem) voor maximale controle en interventie vanaf land;
- Uitgekiende planning van het noodzakelijke en het preventieve onderhoud.

2.4.1.10 Corrosiebescherming

De stalen mast (toren) die bloot staat aan de buitenomgeving wordt voorzien van meerlagige corrosiebescherming die wordt aangebracht in de werkhuizen van de mastleverancier. Andere metalen onderdelen van de windturbine die bloot staan aan de buitenomgeving zijn de toegangstrap/platform, bevestigingsstructuren van sensoren op de gondel, etc. Deze worden doorgaans uitgevoerd in gegalvaniseerd staal of kunststof. De gondelbehuizing evenals de wieken zijn uitgevoerd in hoogwaardig kunststof en zijn bijgevolg niet onderhevig aan corrosie. Metaalconstructies binnen in de windturbinetoren en/of gondel worden uitgevoerd in gegalvaniseerd staal, roestvrij staal of aluminium.

De corrosiebescherming zal gekozen worden volgens de actuele voorgeschreven normen DIN en ISO 12944-1 of NORSOK M-501. Volgende corrosiebescherming is een voorbeeld dat binnen deze normering valt:

- Mast van de windturbine + transitiestukken + secondary steel: categorie C5-M, drie lagen 2-component epoxy resin (bvb. Hemapdur 45703/45753) en één laag 2-component polyurethane (bvb. Hemapdur 55210/55610);
- Binnenkant transitiestuk en mast windturbine: categorie C5-M, twee lagen 2-component epoxy resin (bvb. Hemapdur 17633) en één laag 2-component polyurethane (bvb. Hemapdur 55210/55610).

2.4.1.11 Olie- en vetopvang binnen de turbine

Op volgende plaatsen in de windturbine wordt olie en/of vet gebruikt:

- De tandwielkast (in geval er een tandwielkast aanwezig is) met filter- en koelcircuit:
 - De tandwielkast bevat grootteorde 750-1000 liter olie;
 - De ontwerpwaarde voor de standtijd van deze olie is 5 jaar;
 - Gezien de vereiste lange standtijd van de olie en de belasting wordt hiervoor doorgaans synthetische olie gekozen;
 - Een accidentele lekkage kan voorkomen door lekken van dichtingen of door het accidenteel loskomen van soepele leidingen;
 - Onder de tandwielkast is een lekbak voorzien. Lekken van dichtingen worden hierin opgevangen;
 - In geval van breuk in een soepele leiding kan gedurende korte tijd een bepaalde hoeveelheid olie vrij komen in de gondel (de circulatiepomp zal immers stoppen wanneer een drukval in het circuit gedetecteerd wordt); de vrijgekomen olie wordt opgevangen in de gondelbodem en wordt bij het curatief onderhoud verwijderd;
 - Bij een eventuele lekkage van tandwielkastolie is er bijgevolg geen olie-emissie vanuit de windturbine naar de omgeving.
- Hydraulisch systeem:
 - Ten behoeve van remmen, gondelverplaatsing, etc. wordt dikwijls gebruik gemaakt van hydraulische systemen. Deze bevatten per unit 10 tot 150 liter hydraulische olie of in totaal ongeveer 200-300 liter hydraulische olie;
 - Voor elk hydraulisch systeem is een lekbak voorzien. Lekken van dichtingen worden hierin opgevangen;

- In geval van breuk in een soepele leiding kan gedurende korte tijd een bepaalde hoeveelheid olie vrij komen in de gondel. De vrijgekomen olie wordt opgevangen in de gondelbodem en wordt bij het curatief onderhoud verwijderd.
- Bij een eventuele lekkage van een hydraulisch systeem is er bijgevolg geen olie-emissie vanuit de windturbine naar de omgeving.
- Lagers en geleidingen:
 - Lagers van de trage as, kruilagers, bladlagers, etc. worden gecontroleerd gesmeerd d.w.z. dat volgens de specificaties vet geïnjecteerd wordt. De totale hoeveelheid vet aanwezig in de diverse smeersystemen bedraagt circa 200-300 kg;
 - Er zijn lekbakken voorzien voor opvang van eventueel uittredend overtollig vet. Er is bijgevolg geen emissie van smeervetten vanuit de windturbine naar de omgeving.
- Transformatoren:
 - Deze kunnen opgesteld zijn hetzij in de gondel, hetzij in de voet van de windturbine;
 - Vermoedelijk zal gebruik gemaakt worden van droge transformatoren en niet van oliegekoelde transformatoren;
 - Indien toch gekozen wordt voor oliegekoelde transformatoren zullen deze worden opgesteld in een aangepaste inkuiping zodat emissie van olie naar de omgeving onmogelijk is.

Er is geen olieopslag in de windturbines. Wanneer olie wordt vervangen van tandwielkasten, of olie/vet uit opvangsystemen moet worden verwijderd, dan wordt dit steeds afgevoerd naar erkende verwerkers.

2.4.1.12 Bebakening

Er wordt steeds gewerkt volgens de IALA richtlijnen en volgens mogelijke bijkomende richtlijnen van scheepvaartveiligheid.

Om tijdens de bouw en ontmanteling van het windpark de aanwezigheid van offshore structuren voor de scheepvaart te signaliseren wordt voorzien in een signalisatie conform met de aanbevelingen van de IALA Maritime Buoyage System (MBS richtlijnen). Naar verwachting zal de zone ingenomen door het windpark, met inbegrip van een bufferzone van 500 m, voorzien worden als een veiligheidszone verboden voor scheepvaartverkeer (met uitzondering van de vaartuigen vereist voor bouw, onderhoud en monitoring van de installaties). De zone wordt als dusdanig aangeduid op de navigatiekaarten en gemarkeerd met boeien.

2.4.1.13 Geluid

Geluidsemissie van windturbines wordt gegenereerd door:

- De wrijving van de wieken in de wind (aerodynamisch geluid);
- Elementen in de gondel zoals tandwielkast, generator, ventilatoren, pompen... (mechanisch geluid). De gondel is inwendig bekleed met geluidsabsorberend materiaal.

Globaal genomen wordt op basis van geluidsemissiemetingen van operationele windturbines een bepaling gedaan van de geluidsbronvermogens (zijnde de som van het aerodynamische en het mechanische geluid). Deze bronvermogens zijn afhankelijk van de windsnelheid.

- Siemens SWT-3.6-120: bronvermogen 108 dB(A) bij een representatieve windsnelheid;
- REpower 6M: bronvermogen 111 dB(A) bij een representatieve windsnelheid;
- Beste inschatting voor een 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower: bronvermogen 110 dB(A) bij een representatieve windsnelheid.

2.4.2 Funderingen

2.4.2.1 Keuze van het funderingstype

Bij de keuze van het type fundering zijn de volgende elementen richtinggevend:

- Waterdiepte;
- Geotechnische eigenschappen van de bodem: de dikte van de quartaire zandlaag en de grondmechanische bodemkarakteristieken zijn hierbij van belang;
- Windgegevens;
- Golf- en stromingsgegevens;
- De karakteristieken van de gekozen windturbine (lasten, ashoogte, rotordiameter, etc.) met de daaruit voortvloeiende krachten uitgeoefend op de mast en de fundering van de windturbine.

Gezien de technologie op het gebied van offshore windenergie in volle evolutie is (ontwikkeling van nieuwe funderingstypes maar ondermeer ook van grotere hijs- en heismachines), kan de keuze van het type fundering op vandaag nog niet eenduidig vastgelegd worden.

Bijgevolg zullen in het MER drie funderingswijzen beschreven worden:

- Monopile fundering;
- Jacket fundering;
- Gravitaire fundering.

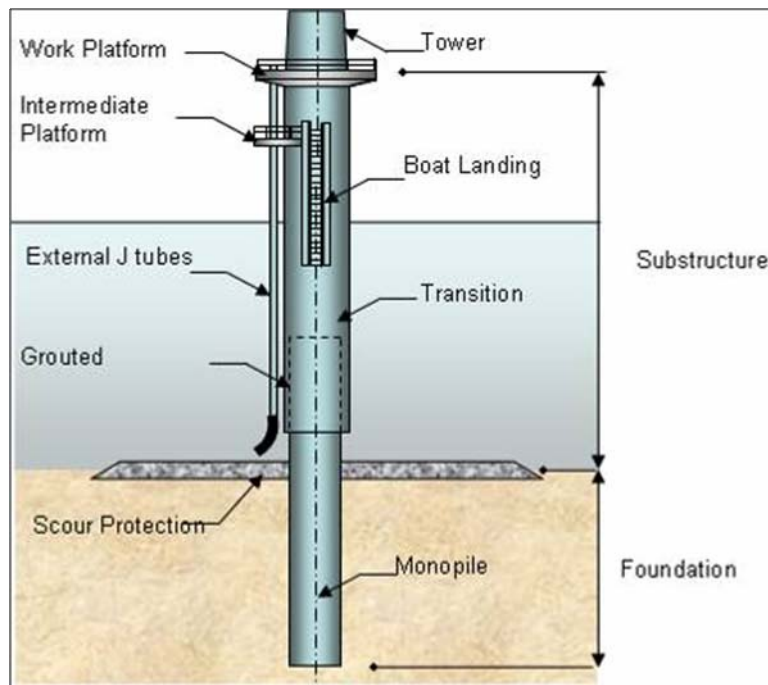
2.4.2.2 Monopile fundering

Bij een monopile fundering (die al veelvuldig toegepast werd voor 2 – 3,6 MW offshore turbines) wordt elke windturbine op 1 stalen buis gezet die voorafgaandelijk in de zeebodem is geboord en geheid. Dit funderingstype kan ingezet worden bij configuratie 1 en 2.

- Paaldiameter: 5,2-6,2 m voor een Siemens SWT-3.6-120 windturbine (configuratie 1); 6,2-7,2 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 2);
- Indicatieve inheidiepte: 33 m voor een Siemens SWT-3.6-120 windturbine (configuratie 1); 35 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 2);
- Het inheien/boren gebeurt van op een jack-up vaartuig met verlengbare 'benen', dat het vaartuig in staat stelt zich op de zeebodem vast te zetten en op die manier een stabiel platform te bieden van waaruit de werkzaamheden kunnen worden uitgevoerd. De buispalen worden in de zeebodem geheid met behulp van een hydraulische hamer en een trilblok.

Eens de monopile voldoende diep geheid of getrild is, volgt de installatie van het transitiestuk (een passtuk met bootaanlandingsinfrastructuur) dat de basis vormt waarop de windturbine zal staan. Dit transitiestuk kan een eventuele scheefstand van de monopile, ten gevolge van heiwerk en grondeigenschappen, corrigeren.

De bovenzijde van het transitiestuk bestaat uit de flens waarop de windturbinemast geplaatst wordt. Het transitiestuk is uitgerust met een bordes, op een hoogte waar een veilig gebruik bij alle zeecondities mogelijk is. De ruimte tussen de monopile en het transitiestuk wordt opgevuld met betonspecie (grout).



Figuur 2.4.1: Illustratie monopile fundering (bron: Garrad Hassan & Partners Ltd)

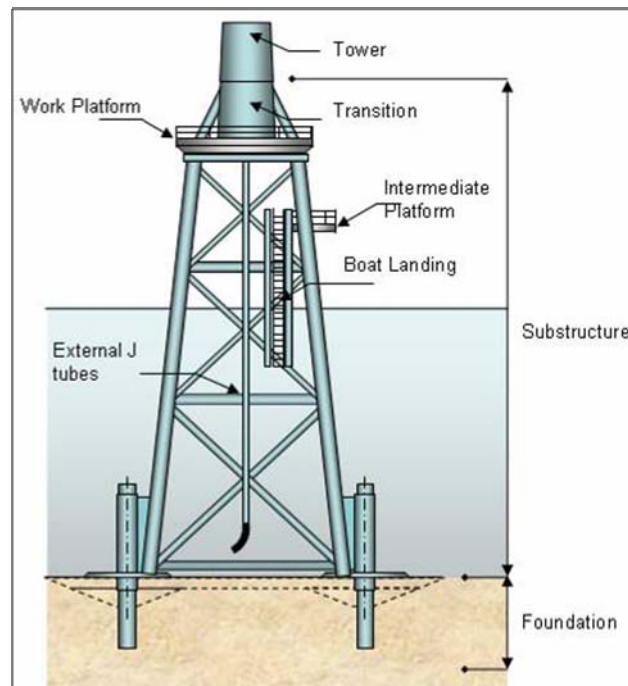
2.4.2.3 Jacket fundering

Een variatie op de monopile fundering is de multipode fundering; deze kan worden toegepast indien één monopile niet volstaat om de krachten uitgeoefend op de fundering op te vangen. In dat geval worden meerdere (kleinere) monopiles voorafgaandelijk in de zeebodem geheid of getrild waarop dan een vakwerkstructuur met aangepast transitiestuk gezet wordt waarop de windturbine geplaatst wordt. Indien gekozen wordt voor het multipode funderingstype voor de installatie van windturbines, wordt doorgaans gebruik gemaakt van de jacket, waarbij de vakwerkstructuur steunt op vier poten. De beschrijving van de milieueffecten zal gebeuren op basis van de jacket fundering, gezien dit het frequentst gebruikte multipode funderingstype bij offshore windturbines is.

Dit funderingstype wordt ingezet wanneer grote tot middelgrote windturbines geïnstalleerd worden; in geval van configuratie 2 en 3:

- Paaldiameter: 2,25 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 2); 3 m voor een 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- Indicatieve inheidiepte in de zeebodem: 20-45 m voor zowel een REpower 6M windturbine (configuratie 2) als voor een 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- De vakwerkstructuur (die volledig is voorgeassembleerd en uitgerust is met het transitiestuk) wordt op de 4 palen vastgezet;

- De uitvoeringswijze voor de kleine palen is verder volledig gelijkaardig aan deze voor de monopile fundering (afgezien van het feit dat de paaldiameter kleiner is wat de heibaarheid ten goede komt).



Figuur 2.4.2: Illustratie jacket fundering (bron: Garrad Hassan & Partners Ltd)

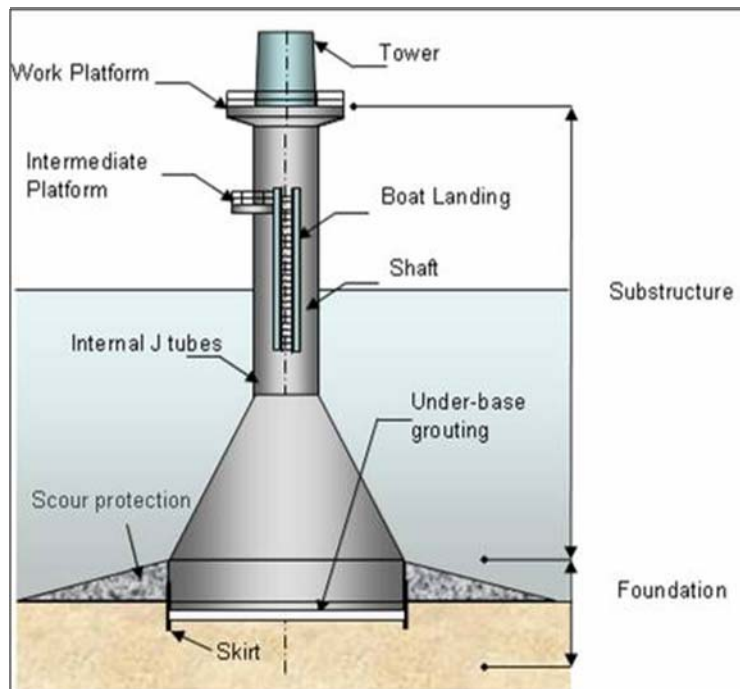
2.4.2.4 Gravitaire fundering

Bij de gravitaire fundering wordt op de zeebodem een betonnen constructie neergezet met ingebouwd aanzetstuk voor de windturbinemast. De stabiliteit van deze funderingswijze wordt verzekerd door het gewicht van de constructie. Dit type fundering kan toegepast worden bij configuratie 2 en 3.

De gravitaire fundering wordt geprefabriceerd aan land. Vervolgens wordt de 'lege' fundering via een ponton naar het windpark gebracht en afgezonken op de geprepareerde zeebodem, om vervolgens met zand of grind verzwaard en gestabiliseerd te worden.

Om de draagkracht van de zeebodem ter hoogte van de opstellingsplaats van de gravitaire fundering te verhogen zijn er volgende mogelijkheden:

- Grondverbetering/verdichting van de zeebodem ter hoogte van de gravitaire fundering door compacteren en/of injecties;
- Verwijderen (wegbaggeren) van de toplaag van de zeebodem en aanbrengen van een stabiele en vlakke laag zand/grind.



Figuur 2.4.3: Illustratie gravitaire fundering (bron: Garrad Hassan & Partners Ltd)

2.4.3 Erosiebescherming

Om erosie rond de windturbinefundering (en bijgevolg gereduceerde stabiliteit en hogere belasting door stromingen tegen te gaan) kan rond een fundering een erosiebescherming aangebracht worden.

Rond de monopile en gravitaire fundering wordt steeds een erosiebescherming aangelegd. Voor de monopile fundering zijn twee types erosiebescherming mogelijk; statische of dynamische erosiebescherming. Deze verscheidene types worden beschreven in hoofdstuk 2.6. De uitvoeringswijzen worden eveneens besproken in hoofdstuk 2.6. Op basis van resultaten van reeds uitgevoerd studies acht Norther de aanleg van een erosiebescherming rondom de jacket fundering voor het North Sea Power project niet noodzakelijk.

2.4.4 Windmeetmast of meteomast

Norther voorziet de mogelijkheid van plaatsing van één of mogelijks twee windmeetmasten op een locatie waar zowel data verzameld kunnen worden met betrekking tot meteorologische omstandigheden als data ter verificatie van de powercurve. Om beide taken te vervullen is de positie van de windmeetmast afhankelijk van de windturbine configuratie. De positie van de windmeetmast per configuratie wordt weergegeven in Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3. Er worden twee mogelijke locaties voorzien:

- 1 aan de westelijke zijde van het park;
- 1 aan de zuidoostelijke zijde van het park.

De windmeetmasten staan op minimum 2 rotordiameters van de windturbines.

De meteomasten zijn als volgt opgebouwd en omvatten:

- Een monopilefundering (1 monopile met paaldiameter ca. 4 m);

- Een metalen mast waar op verschillende hoogtes diverse sensoren zijn aangebracht voor meting van windsnelheid, temperatuur, luchtvochtigheid, etc. De meteomast hoogte zal gekozen worden in functie van de masthoogte van de windturbines en zal normaliter ca. 150 m bedragen;
- De gemeten informatie wordt verwerkt via dataloggers en doorgestuurd naar het parksupervisie-systeem.

2.4.5 Offshore hoogspanningsstation (OHVS of transformatorplatform)

De door het windpark geproduceerde energie van 33 - 36 kV wordt ter hoogte van een offshore hoogspanningsstation verder getransformeerd naar 150 kV of 220 kV (wisselspanning) zodat op een economisch haalbare wijze de energie direct in het onshore Elia transmissienet geïnjecteerd kan worden. Er worden twee offshore hoogspanningsstations (Offshore High Voltage Station of OHVS) voorzien, die steunen op een monopile fundering of een jacket fundering. Eventueel kunnen er twee monopiles gebruikt worden per OHVS. De hoogspanningsstations bevatten de volgende elektrische componenten opgesteld in een gebouw:

- Aankomstcellen van de parkkabels (zie verder 'Parkbekabeling');
- De aankomstcel van het nooddieselaggregaat;
- 1 of 2 transformatoren 33 - 36 kV/150 kV of 33kV/220 kV (elk uitgerust met spanningsregelaars);
 - Transformator type: oliegekoeld;
 - Voorzien van olieopvang (inkuiping);
- 1 of 2 vertrekcellen op 150 kV of 220 kV;
- Een noodstroomvoorziening. Het nooddieselaggregaat dient in staat te zijn om de transformatorpost en de windturbines van voldoende vermogen te voorzien voor alle essentiële functies: klimaatregeling, controle- en veiligheidssystemen, bebakening, voeding hulpsystemen (bv. de kruimotoren).

Naast de hoofdcomponenten zijn de hoogspanningsstations uitgerust met utiliteitsvoorzieningen zoals beveiligingssystemen, (nood)verblijf voor technici, brandbestrijdingssysteem, landingsplaats voor helikopter, controleruimte, etc.

Tussen beide offshore hoogspanningsstations (OHVS) wordt een kabel voorzien, zodat slechts vanuit 1 van beide OHVS een kabel naar land (exportkabel) loopt.

2.4.6 Bekabeling

2.4.6.1 Bekabeling binnen het park (parkkabels)

Per cluster van een aantal turbines (van samen ongeveer 30 MW) wordt een 33 – 36 kV-parkkabel (Ø grootteorde 122 mm) voorzien om de aansluiting met een offshore hoogspanningsstation te realiseren. Er zijn aldus een aantal clusters die telkens ingelust zijn. De parkkabels kruisen elkaar niet. De totale lengte aan parkkabel inclusief het inlassen tussen de clusters bedraagt ca. 62 km bij configuratie 1, 71,3 km bij configuratie 2 en 66,9 km bij configuratie 3.

De parkkabels worden in de bodem ingegraven om beschadigingen te voorkomen. Het maken van de sleuf (1 m diep) zal gebeuren hetzij via een ploeg, hetzij via jetting waarbij gebruik gemaakt wordt van een hoge

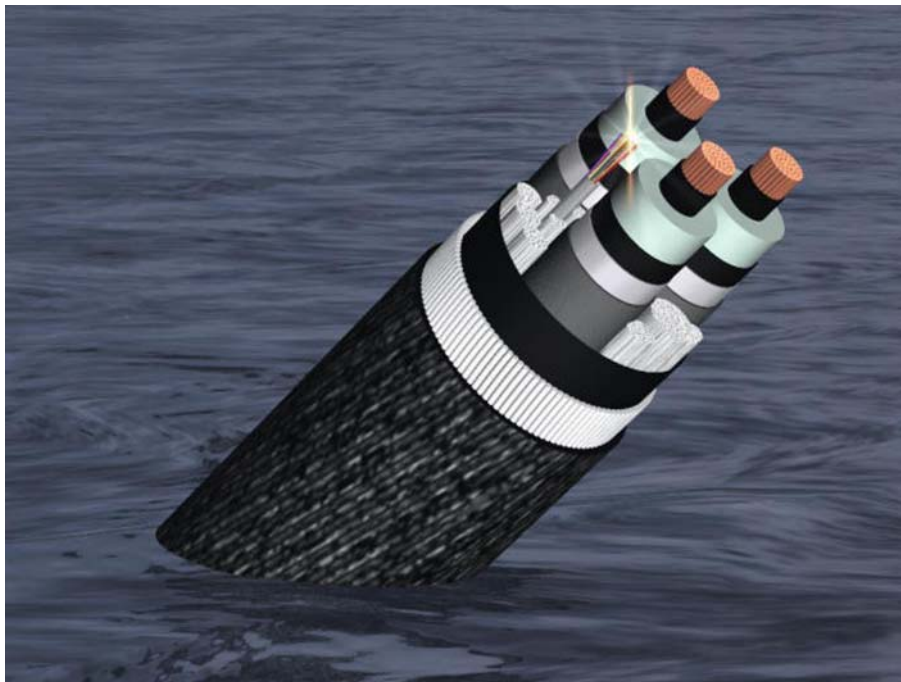
druk straal om een sleuf in de zeebodem te spuiten, of via een combinatie van beide technieken. Simultaan met het inleggen van de kabel gebeurt het bedekken met zandig sediment.

De parkkabels zullen vanaf de zeebodem langs de windturbinefundering omhoog geleid worden en zullen boven het hoogwaterniveau binnengebracht worden in de windturbinemast.

2.4.6.2 Elektriciteitskabel naar het land (exportkabel)

Vanaf een van beide offshore hoogspanningsstations gaat een onderzeese kabel (1 of 2 stuks, zie verder) naar de kust, waar ze toekomt in de z.g. aanlanding en overgaat in de ondergrondse kabel tot aan de Elia hoogspanningspost in Zeebrugge. De bekabelingsdiepte zal gebeuren volgens de richtlijnen opgesteld door Maritieme Toegang (departement Mobiliteit en Openbare Werken) en andere bevoegde instanties.

De verbinding gebeurt op 3-fasige onderzeese 150 kV of 220 kV wisselspanning (Ø grootteorde 192 mm) van het XLPE-type (cross-linked polyethylene) met geïntegreerde optische vezel die gebruikt wordt voor de remote control van het windpark. De 150 kV kabel kan tot 250 MW vermogen naar de kust transporteren, terwijl dit voor de 220 kV kabel tot 400 MW is. Er zal gewerkt worden met twee (gebundelde) kabels van 150 kV, of één kabel van 220 kV.



Figuur 2.4.4: Driefasige XLPE kabel met geïntegreerde optische vezel (bron: Nexans)

Er zijn twee alternatieve tracés voor de export kabel(s), weergegeven op Kaart 2.4.1, waarvan er uiteindelijk één zal weerhouden worden. Bij beide tracés wordt rekening gehouden met volgende factoren:

- Het tracé volgt zoveel mogelijk bestaande onderzeese kabels of pijpleidingen, zodat de ruimte inname beperkt blijft;

- Er wordt rekening gehouden met een beschermde zone (250 m) en een voorbehouden zone (50 m) rond kabels zoals beschreven in de bijlage van het KB van 12 maart 2002.

De alternatieve tracés kunnen als volgt beschreven worden:

- Tracé 1 loopt langs de bestaande Belwind en Eldepasco exportkabel: dit tracé kan enkel toegepast worden indien Interconnector toestemming geeft om ter hoogte van kruising met de vaargeul 'Scheur' een kleinere veiligheidszone dan 500 m (die doorgaans gehanteerd wordt rondom gasleidingen) te voorzien;
- Tracé 2 loopt langs de telecom kabel 'Concerto South'.

[Kaart 2.4.1: Alternatieven naar tracé van de exportkabel\(s\)](#)

2.4.6.3 Aanlanding en aansluiting met de landkabel

De 150 kV of 220 kV zeekabel(s) komt/komen aan land in het aanlandingspunt (Zeebrugge), waar de overgang van een specifieke zeekabel naar een traditionele landkabel plaatsvindt (ondergrondse interconnectie ter hoogte van het strand). De zeekabel(s) wordt/worden aan land gebracht ten westen van de haven.

In de Elia hoogspanningspost wordt de energie geproduceerd door het windpark verder opgetransformeerd (naar 380 kV) en geïnjecteerd in het hoogspanningsnet.

2.4.6.4 Stopcontact op zee

Voor elk windpark binnen de preferentiële zone voor de ontwikkeling van offshore windparken (zoals afgebakend in het KB van 17/05/2004, aangepast door het KB van 03/02/2011) wordt momenteel voorzien om een afzonderlijke onderzeese kabel naar het land te leggen om het desbetreffende park aan te sluiten op het elektriciteitsnetwerk. Een andere optie zou erin kunnen bestaan om een zogenaamd 'stopcontact op zee' te bouwen. Dit concept bestaat erin om één of meerdere platformen op zee te bouwen waar exportkabels van meerdere windparken samenkomen, en waarvan slechts nog het hoogst noodzakelijke aantal kabels naar het vasteland vertrekt om aangesloten te worden op het Belgisch transmissienetwerk.

Er werden hierover al verschillende studies uitgevoerd die echter vrij summier blijven en in oktober 2010 werd door de Vlaamse Regering een studiesyndicaat aangeduid dat in een concreet stappenplan op zoek moet gaan naar innovatieve oplossingen om elektriciteit zo goedkoop mogelijk en op de efficiëntst mogelijke manier aan land te brengen. Zo moet het studiesyndicaat onderzoeken hoe zo'n platform er moet uitzien, waar het aansluitpunt op land moet komen, etc.

Gezien dit concept momenteel nog onvoldoende concreet uitgewerkt is, wordt het in voorliggend MER niet opgenomen als te bestuderen alternatief.

2.4.6.5 De netkoppeling

2.4.6.5.1 Het Elia-transmissienet

De mogelijkheid tot aansluiting van windparken is functie van de reeds gereserveerde aansluitingen en van de beschikbare injectiecapaciteit op het openbare net ter hoogte van de kust. Transmissienetbeheerder Elia

is op het ogenblik van schrijven van onderhavige studie bezig met de verdere uitbouw en ontwikkeling van haar netten die een injectie van de opgewekte stroom van het North Sea Power project moet mogelijk maken (project STEVIN). De prognose van Elia, ingegeven door de ontwikkelingssnelheid van het project 'STEVIN', is dat dit ten vroegste in 2014 zal mogelijk zijn.

2.4.6.5.2 *Elektrische beveiligingen*

De beveiligingen voor het windpark North Sea Power situeren zich op 4 niveaus:

- Op niveau van de individuele windturbine: de beveiliging heeft tot doel de generator, de vermogenselektronica en de transformator te beschermen. Fouten worden onderbroken door een lastschakelaar en zekeringen of door een vermogensschakelaar die door een overstroomrelais, een differentieel relais of een homopolair relais aangestuurd wordt;
- Op niveau van de aankomst van elke parkkabel op een offshore hoogspanningsstation: elke aankomst is uitgerust met een vermogensschakelaar welke de cluster van windturbines kan afschakelen bij een fout op de parkkabel d.m.v. eenrichtingsgevoelig overstroomrelais;
- Op niveau van de 33 - 36 kV → 150/220 kV transformator: de transformator is beveiligd tegen interne fouten d.m.v. differentieelrelais, thermisch beeldrelais en Buchholz. Dit vereist vermogensschakelaars aan beide zijden van de transformator;
- Op niveau van de 150 kV of 220 kV export kabel: bij een kabelfout zal deze worden afgeschakeld d.m.v. het openen van de 150 kV of 220 kV vermogensschakelaars aan beide uiteinden van de kabel, dit door middel van overstroomrelais en afstandsrelais.

2.5 FASERING VAN HET PROJECT

Voor een algemeen overzicht van de verschillende fasen in de realisatie van het project (inclusief de ingeschatte planning die onder andere afhankelijk is van het vergunningentraject) wordt verwezen naar hoofdstuk 2.1 'Algemene beschrijving van de activiteit'.

2.6 BESCHRIJVING VAN DE VERSCHILLENDE ACTIVITEITEN EN UITVOERINGSWIJZEN

2.6.1 *Constructiefase*

De bouw van het windpark bestaat uit volgende fasen:

- De constructiewerkzaamheden op land:
 - Inrichting van de bouwlocatie in de haven (of van meerdere bouwlocaties in meerdere havens);
 - Bouwen van de windturbinefunderingen op de bouwlocatie of in de werkhuizen (indien van toepassing);
 - Premontage van bepaalde onderdelen van de windturbines, hoogspanningsstations en meteomast.
 - Stockage van bepaalde onderdelen alvorens te transporteren naar de site.

- De mariene bouwwerkzaamheden:
 - Voorbereiden van inplantingsplaatsen van de windturbines, hoogspanningsstations en meteomast;
 - Transport en plaatsing van de funderingen en eventueel aanbrengen van erosiebescherming;
 - Transport, oprichting, mechanische montage en elektrische aansluiting van de windturbines, hoogspanningsstations en meteomast;
 - Voorbereidende baggerwerkzaamheden ter hoogte van de vaargeul voor aanleg van export kabel;
 - Aanleg van de elektrische bekabeling binnen het park en aansluiting van het park op het transportnet op land.

2.6.1.1 Beschrijving van het materieel

Het aanbod aan materieel dat kan ingezet worden voor de realisatie van offshore windparken is in sterke ontwikkeling. Hieronder worden enkele voorbeelden gegeven van 'in de markt' beschikbaar materieel.

Er dient rekening gehouden te worden met de werkbare dagen op de Noordzee die, gezien de weerscondities, zich hoofdzakelijk bevinden tussen april en oktober. Men opteert echter ook steeds meer om door te gaan met het bouwen tijdens de wintermaanden: stil en koud weer is eveneens geschikt voor constructiewerkzaamheden.

2.6.1.1.1 Mobiele kranen

Verschillende typen mobiele kranen dienen ingezet te worden:

- 50 ton mobiele kraan,
- 100 ton mobiele kraan,
- 150 ton mobiele kraan,
- 600 ton mobiele kraan,

Door deze kranen te gebruiken om de turbine grotendeels vooraf aan wal te monteren kunnen de moeilijkere mariene interventies tot een minimum herleid worden.

2.6.1.1.2 Installatievaartuig

Indien een installatievaartuig ingezet wordt moet beroep gedaan worden op een multifunctioneel zeeschip geschikt voor het manipuleren van zware lasten. Typische afmetingen en hefcapaciteiten die verwacht worden, zijn: 85 m lang en 45 m breed met een diepgang van 6 m en een hefcapaciteit omstreeks de 3000 ton. Van belang bij de keuze van het schip voor zijn hijscapaciteiten zullen de hoogte van de toren en het gewicht van de gondel zijn. Een aantal schepen werden, met als speciaal doel offshore windpark applicaties, omgebouwd tot installatie vaartuigen. Ze werden dan ook speciaal voorzien om zo efficiënt mogelijk funderingen op de offshore locaties te brengen en op te stellen. Voorbeelden hiervan zijn de 'Stanislav Yudin' van het bedrijf Seaway Heavy lifting, de 'Jumbo Javelin' van het bedrijf Jumbo, 'Sea Power' en de 'Sea Energy' van het bedrijf A2SEA en het schip 'Mayflower Resolution' van het bedrijf MPI.

2.6.1.1.3 *Jack-up pontons of hefeilanden*

Voor het plaatsen van funderingen en windturbines kan gebruik gemaakt worden van een jack-up ponton. Dit is in wezen een groot ponton dat door middel van ingebouwde spudpalen opgetild wordt boven de hoogst te verwachten waterstand. Op deze manier kunnen de mariene werken met een grotere veiligheid en nauwkeurigheid uitgevoerd worden. Het jack-up ponton wordt op positie gebracht door middel van een sleepboot. Een variatie op de jack-up pontons zijn de jack-up schepen. Dit zijn schepen die voorzien zijn van spudpalen om zowel zelfnavigerend te zijn als zichzelf te kunnen opduwen boven het wateroppervlak;

2.6.1.1.4 *Transportpontons*

Een transportponton kan worden gebruikt voor het transporteren van de windturbines en transitiestukken naar de site. Het transportponton wordt voortgetrokken door een sleepboot. Als transportponton kan een jack-up ponton ingezet worden (dat aldus bij aankomst op de offshore bouwplaats zichzelf eveneens uit het water kan heffen). Gezien de lange vaartijd van haven naar locatie zal gezocht worden naar een oplossing waarbij het aanleveren van de onderdelen optimaal gebeurt.

2.6.1.1.5 *Barge*

Een barge kan ingezet worden voor de aanvoer van funderingen en transitiestukken. Een barge is een transportschip met platte bodem, bezit meestal een eigen motor voor voortstuwing (geen sleepboot noodzakelijk) en dient specifiek voor het transport van zware materialen. Er kan tevens gebruik worden gemaakt van de ponton die wordt voortgetrokken door een sleepboot voor aanvoer van materialen.

2.6.1.1.6 *Sleepboten*

Twee types sleepboten kunnen worden ingezet:

- Een zeesleper, voor het zware sleepwerk;
- Een assistentie sleepboot, voor de fijnpositionering van het hefeiland.

2.6.1.1.7 *Werkship met graafwerktuig, baggerschip en steenstortschip*

De windturbinelocaties dienen voorbereid te worden indien gewerkt wordt met gravitaire funderingen of indien gewerkt wordt met een statische erosiebescherming bij het monopile funderingstype. Hiertoe worden een werkship met graafwerktuig en/of een baggerschip ingezet. Voor het aanbrengen van een erosiebescherming wordt gebruik gemaakt van een steenstortschip (een schip dat op een gecontroleerde manier stenen op de zeebodem kan storten, al dan niet via stortpijpen).

2.6.1.1.8 *Heigereedschap*

Voor het heien van de funderingspalen (indien van toepassing) dient een schip of hefeiland met zware heihamer voorzien te worden. Als heihamer kan worden gebruik gemaakt van een type IHC in zijn zware

uitvoering zoals de IHC S 600 à 1200 of een hydro hammer zoals van het type 'Menck MHU-800'. Het heien en afwerken van elke monopile neemt ongeveer 2 dagen in beslag (bij geschikt weer slechts 1 dag).

2.6.1.1.9 *Multicat*

Voor het aanleveren van alle klein materieel kan eveneens een klein, multifunctioneel werkschip voorzien worden.

2.6.1.1.10 *Jetting technieken*

Voor het leggen en het ingraven van kabels in een zanderige bodem kan gebruik gemaakt worden van een kabellegschip uitgerust met een 'jet trencher'. Door water onder druk in de zeebodem te spuiten, kan de kabel in de geïndividualiseerde bodem zakken. Na een korte tijd keert de bodem terug naar zijn oorspronkelijke staat en bedekt deze de kabel.

2.6.1.1.11 *Ploegen*

Voor het leggen van de kabels kan eveneens gebruik gemaakt worden van een ploeg. Er zijn in principe twee types ploegen:

- **Grondverplaatsende ploeg:** De grondverplaatsende ploeg maakt een open V-vormige sleuf in de zeebodem waar de kabel in komt te liggen. Een grondverplaatsende ploeg is geschikt voor de meeste sedimenttypes, inclusief zacht gesteente.
- **Niet-grondverplaatsende ploeg:** Deze ploeg snijdt (met een soort zwaard) de zeebodem open zonder de grond te veel te verplaatsen. De kabels lopen doorheen de hiel van de ploegschaar en worden op die manier in de bodem gedrukt. Deze techniek kan worden gebruikt in vrijwel alle soorten sediment, maar minder goed in sedimenten die door hun samenstelling een grote interne wrijving hebben. Om die reden is er ook een zogenaamde 'jet ploeg' ontwikkeld die de zeebodem rond het ploegzwaard weker maakt door middel van waterstralen onder druk. De jet ploeg is inzetbaar in alle sedimentsoorten.

Een andere ontwikkeling van de niet-grondverplaatsende ploeg is de vibroploeg, die trillingen gebruikt om de wrijving op de ploegschaar te verminderen.

2.6.1.1.12 *Horizontal Directional Drilling*

Voor de aanlanding van kabels en de duinkruising kan de techniek van gestuurde horizontale boringen (Horizontal Directional Drilling) worden aangewend. Met een boormachine wordt een boorgat geboord van op een hefeiland, onder het strand en de duinen door waarna de kabels erdoor worden getrokken, desgevallend kan dit ook via een caisson op het strand.

2.6.1.2 De funderingen

2.6.1.2.1 Monopile fundering

In geval geopteerd wordt voor configuratie 1 zal meest waarschijnlijk gekozen worden voor een monopile fundering. Ook in geval van toepassing van configuratie 2 is het eventueel mogelijk om een monopile fundering in te zetten.

Uitvoeringswijze

Indien voor dit funderingstype gekozen wordt, zijn de dimensies naar verwachting als volgt:

- Indicatieve paaldiameter: 5,2-6,2 m voor een Siemens SWT-3.6-120 windturbine (configuratie 1); 6,2-7,2 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 2);
- Indicatieve inheidiepte: 33 m voor een Siemens SWT-3.6-120 windturbine (configuratie 1); 35 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 2);
- Indicatieve totale paallengte: 60-65 m voor een Siemens SWT-3.6-120 windturbine (configuratie 1); 65-75 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 2);

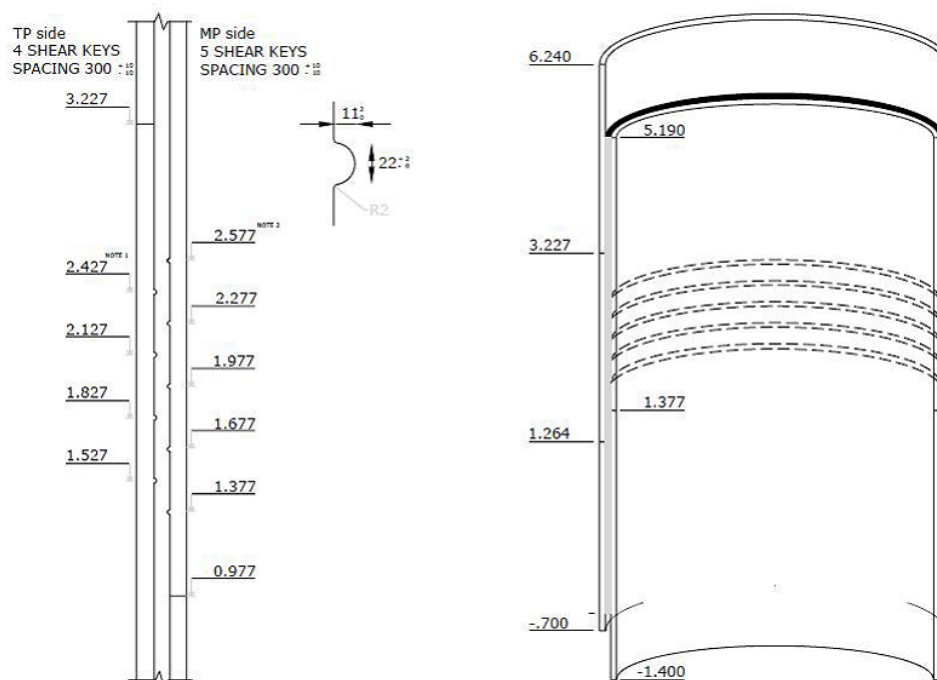
Benodigd materieel voor het plaatsen van de monopile funderingen:

- Jack-up ponton (= hefeiland), jack-up schip of installatievaartuig, uitgerust met:
 - Kabelkraan met grote hijscapaciteit;
 - Elektrische lieren of hydraulische cilinders om het ponton of jack-up schip uit het water te tillen;
 - GPS installatie ter bepaling van de juiste positie voor het inheien;
 - Hydraulische heihamer;
 - Meetapparatuur ter bepaling van inheidiepte en verticaliteit van de monopile;
 - Behuizingsfaciliteiten voor het personeel.
- Transitiestuk: het transitiestuk wordt vastgezet op de monopile door injectie van grout (krimpvrije mortel) in de smalle holte tussen de monopile en het transitiestuk. Hierbij worden twee concepten van groutconnectie overwogen:
 - Concentrische connectie met shear keys: shear keys zijn stalen uitstulpsels op zowel de monopile als de binnenkant van het transitiestuk (Figuur 2.6.1). De shear keys hebben gemiddeld een hoogte van 11 mm en een breedte van 22 mm;
 - Conische vorm van zowel monopile als transitiestuk zonder shear keys (Figuur 2.6.2).

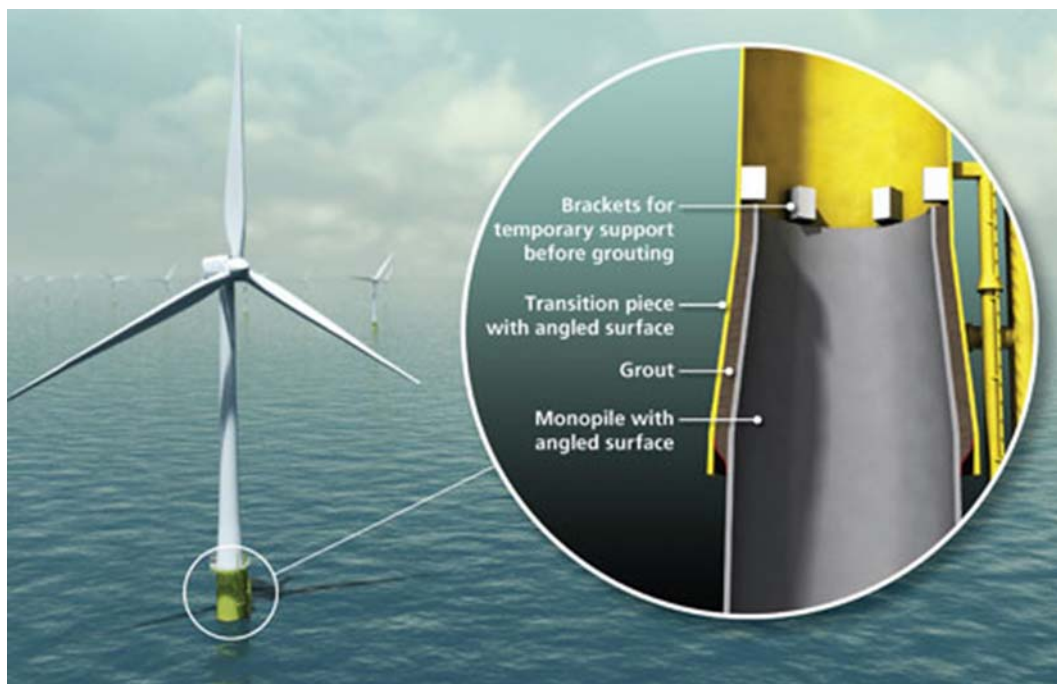
Deze beide types van groutconnectie worden overwogen omwille van de recente onderzoeken m.b.t. verschuivingen van transitiestukken. De transitiestukken bij het Noordzeewind project in IJmuiden (Nederland) vertoonden verzakkingen, waardoor een herziening is gebeurd van de norm voor het ontwerp van de groutconnectie. Hierdoor zijn bovenstaande oplossingen naar voor geschoven als meest optimale.

- Aanvoer van de stalen palen (monopiles), het transitiestuk, en andere onderdelen gebeurt door middel van een barge (transportschip) of een jack-up. De monopiles kunnen eventueel ook drijvend aangevoerd worden. In de drijvende aanvoer worden op de uiteinden van de palen pile-plugs geplaatst waardoor de paal luchtdicht is en blijft drijven. Deze pile-plugs zijn stoppen die door middel van een hydraulisch

A black and white photograph of a fossil specimen, likely a brachiopod. The specimen consists of a central, rounded, textured area (possibly a valve or muscle scar) mounted on a rectangular base. The texture of the central area appears fibrous or striated. The base is a uniform, light gray color. The entire specimen is set against a dark background.



2 | Projectbeschrijving



Figuur 2.6.2: Illustratie van transistiek met conische vorm van zowel monopile als transitiestuk zonder shear keys

De monopile, het transitiestuk en andere onderdelen worden verscheept naar de offshore locatie. Het jack-up ponton wordt naar de locatie gebracht met een sleepboot. Na bepaling van de exacte positie wordt het hefeiland via kabels verankerd. Vervolgens zullen de 4 poten van het hefeiland uitgeschoven worden en hijst het werkplatform zich naar de vereiste hoogte om onafhankelijk van de golfslag operaties te kunnen uitvoeren.

Een funderingspaal wordt van het transportschip, van de jack-up of uit het water genomen via de hijskraan en wordt op de vereiste coördinaten in het water neergelaten en gepositioneerd. Nadat de positie en verticaliteit van de monopile zijn gecontroleerd, kan het heiblok op de monopile worden geplaatst waarna het heiwerk kan starten en de monopile tot de gewenste diepte wordt ingeheid, al dan niet via een eerste fase van intrillen. Zodra de monopile op diepte is, wordt de 'as-built' positie ingemeten. Met behulp van deze gegevens kan het transitiestuk op de juiste wijze op de monopile geplaatst worden. Dit transitiestuk dient om een eventuele scheefstand van de monopile – welke tijdens het heiwerk is opgetreden – te corrigeren. Het transitiestuk dient dan ook binnen de toleranties verticaal te worden gesteld. De spleet tussen het transitiestuk en de monopile wordt met grout opgevuld. Na het aanbrengen van het transitiestuk kan overgegaan worden tot het aanbrengen van voorzieningen die nodig zijn voor de inkomende en uitgaande kabels.

Aanbrengen erosiebescherming

Omwille van de grote hydraulische belasting, afkomstig van de (getijde)stroming als van de golven, wordt een aanzienlijke erosie verwacht in de bovenste zandlaag. Om ondermijning van de fundering te voorkomen wordt een erosiebescherming aangebracht. Bij het monopile funderingstype zijn twee types erosiebescherming mogelijk: statische of dynamische erosiebescherming.

- Indien gekozen wordt voor de **statische erosiebescherming**, dient de windturbinelocatie vóór plaatsing van de fundering vlak gebaggerd te worden (een vlak van 50 m x 80 m). Op basis van de multibeam data (G-Tech, 2010) zou een dergelijke nivellering enkel noodzakelijk zijn voor ca. 15 windturbine locaties. De filter layer is een onderlaag van kleinere stenen (grind met kaliber van 4 tot 32 kg; Dn50 = 50 mm) met een dikte van ca. 100 cm en een volume van ca. 500 m³. De diameter van de erosiebescherming bedraagt ca. 5 keer de paal diameter.

Na aanleg van de filter layer kan de monopile fundering geplaatst worden. Kort nadien volgt de afwerking van de erosiebescherming, namelijk door aanleg van de amour layer, een toplaag van breukstenen (kaliber van 15 tot 300 kg; Dn50 = 540 mm). De amour layer heeft een dikte van ca. 100 cm en volume van ca. 600 m³. De grootste stenen worden voorzien voor de ondiepste locaties (waar de impact van golfslag het grootst verwacht wordt).

- Indien gekozen wordt voor de **dynamische erosiebescherming**, wordt de windturbinelocatie vooraf niet genivelleerd. De monopile fundering wordt zonder voorbereiding van de zeebodem geplaatst en na installatie van de fundering wordt de vorming van een erosieput rondom de paal toegestaan. Deze put wordt vervolgens geheel of gedeeltelijk opgevuld met breukstenen, waarbij eerst een filter laag wordt geplaatst en vervolgens wordt afgestort met een toplaag.

Ter hoogte van de Bligh Bank (het Belwind windpark) werd de diepte van de erosieputten gemonitord, enkele dagen na beëindiging van het inheien van de monopiles (5 februari 2010). De eerste monopile werd geïnstalleerd op 8 september 2009. De dieptemetingen van de erosieputten toonden een variatie van 2 tot 6,5 m (Degraer *et al.*, 2010a).

Uitvoeringstermijn (werkbare dagen) per windturbine:

- Plaatsen monopile + opzetten transitiestuk: ca. 1-2 dagen per fundering (bij geschikt weer);
- Aanbrengen erosiebescherming: ca. 2-3 dagen per fundering in geval van een statische erosiebescherming; ca. 1 dag per fundering in geval van een dynamische erosiebescherming.

2.6.1.2.2 Jacket fundering

In geval geopteerd wordt voor configuratie 2 of 3, kan een jacket funderingstype ingezet worden.

Uitvoeringswijze

Indien voor dit funderingstype gekozen wordt, zijn de dimensies voor elke paal van de jacket naar verwachting als volgt:

- Indicatieve paaldiameter: 2,25 m voor een REpower 6M windturbine (configuratie 2); 3 m voor een 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- Indicatieve inheidiepte in de zeebodem: 20-45 m voor zowel een REpower 6M windturbine (configuratie 2) als voor een 10 MW Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower;
- De vakwerkstructuur (die volledig is voorgeassembleerd en uitgerust is met het transitiestuk) wordt op de 4 monopiles vastgezet;

- De uitvoeringswijze voor de kleine monopiles is verder volledig gelijkaardig aan deze voor de monopile fundering (afgezien van het feit dat de paaldiameters kleiner zijn wat de heibaarheid ten goede komt).

Aanbrengen erosiebescherming:

Op basis van technische berekeningen door Norther wordt momenteel uitgegaan van het feit dat geen erosiebescherming nodig zou zijn bij keuze voor jacket fundering (= basis voor verdere berekeningen). Indien echter toch een erosiebescherming noodzakelijk zou blijken, dan kunnen dezelfde aannames genomen worden als voor een monopile fundering.

Uitvoeringstermijn (werkbare dagen) per windturbine:

- Heien palen + plaatsen jacket: ca. 2-3 dagen per fundering (bij geschikt weer)

2.6.1.2.3 *Gravitaire fundering*

Voor configuratie 2 en 3 kan in plaats van een jacket fundering een gravitaire fundering ingezet worden. In geval de gravitaire fundering wordt toegepast, zal deze opgebouwd worden op de bouwlocatie in de haven om vervolgens op een schip of ponton te worden gehesen en naar de opstellingsplaats te worden gebracht. Er mag van uitgegaan worden dat op de bouwlocatie verschillende funderingen tegelijkertijd in aanbouw zullen zijn. De klassieke technieken voor constructies in gewapend beton zullen hier worden gehanteerd (bekisten, wapenen, storten van beton...).

Uitvoeringswijze

Bij een gravitaire fundering moet de zeebodem vooraf vlak gemaakt worden door baggerwerken:

- De zone ter hoogte van de inplantingsplaats van de windturbine wordt uitgebaggerd, waardoor een put ontstaat met een talud van ca. 1/5 en aan de basis een oppervlakte van ca. 4.000 m² (50 x 80 m);
- Aanleg van funderingsbed voor de gravitaire fundering van de windturbine (grind);

De gravitaire fundering is een constructie die geprefabriceerd wordt in de haven (premontagelocatie):

- Uitvoering in gewapend beton: het verbindingstuk voor de windturbinetoren is ingegoten;
- Dimensies naar verwachting: diameter aan de voet ca. 25 m; hoogte ca. 45 m;
- De gravitaire fundering is in een bepaalde mate 'hol' om het gewicht minimaal te houden voor hijsen en transport;
- De gravitaire fundering wordt in de haven op een barge geladen en naar het windpark gesleept; ter plaatse wordt de prefabconstructie afgezonken op de vlak gemaakte zeebodem;
- De gravitaire fundering wordt vervolgens gevuld met zand/grind/water.

De werkzaamheden voor het plaatsen van de gravitaire fundering gebeuren van op een jack-up ponton uitgerust met een zware hijskraan.

Aanbrengen erosiebescherming

Om erosie rond de gravitaire fundering (en bijgevolg gereduceerde stabiliteit en hogere belasting door stromingen tegen te gaan) wordt rond elke fundering een erosiebescherming aangebracht:

- In eerste instantie wordt de put die is uitgebaggerd terug aangevuld met uitgebaggerd zand;
- Daarboven wordt een specifieke erosiebeschermingsfilter aangebracht in verschillende lagen:
 - Filter layer met grind: laagdikte ca. 75 cm; kaliber 2-150 mm; oppervlakte ca. 3.600 m²; volume ca. 2.900 m³;
 - Armour layer: steenbestorting met breuksteen: laagdikte ca. 100 cm; kaliber 100 tot 500 kg; oppervlakte ca. 3.600 m²; volume ca. 3.600 m³.

De zandbalans wordt besproken in hoofdstuk 4.1: 'Bespreking en beoordeling van de effecten op Bodem'.

Uitvoeringstermijn (werkbare dagen) per windturbine:

- Voorbereiden opstellingsvlak gravitaire fundering: 8-10 dagen per fundering;
- Plaatsen gravitaire fundering: 1-2 dagen per fundering;
- Heraanvullen funderingsput + aanbrengen erosiebescherming: ca. 8-10 dagen per fundering.

2.6.1.3 De windturbines

Voor de premontage van de windturbines en andere onderdelen van het windpark en als werkbasis voor personeel en de installatievaartuigen zal een bouwlocatie in een nabij gelegen haven (waarschijnlijk Oostende of Zeebrugge) worden ingericht.

De constructie van de gondel met alle interne uitrusting, de rotor en de wieken gebeurt in de werkplaatsen van de windturbineconstructeur (Duitsland, Denemarken...). De constructie van de toren(mast)-delen gebeurt in de werkplaatsen van specifieke onderaannemers (in diverse Europese landen). Het transport van de bovengenoemde windturbineonderdelen vanuit de werkplaatsen van de constructeur naar de bouwlocatie in de haven zal gebeuren per schip of per vrachtwagen (afhankelijk van de plaatsen van herkomst en de dimensies van de onderdelen). De componenten van de windturbine worden als volgt op de kade aangeleverd:

- Een enkel, twee of drie voorgemonteerde segmenten van de toren, volledig uitgerust met rustplatforms, ladder, etc.;
- De volledig voorgemonteerde windturbinegondel (met as, mechanische transmissie, generator, en krui-inrichting);
- De naaf van de rotor;
- Drie rotorbladen.

De windturbines worden in onderdelen naar de site vervoerd met een jack-up en ter plaatse geassembleerd of worden samengebouwd op een transportpontoon (in dit geval een jack-up pontoon) of installatieschip en geassembleerd naar de site vervoerd. Deze assemblage gebeurt als volgt:

- De segmenten van de toren worden op het ponton/schip gezet met behulp van een grote mobiele kraan, en een bijkomende kleine mobiele kraan, die zorgt voor de nodige geleiding om de segmenten zonder

beschadiging uit horizontale positie naar verticale positie te brengen. De torensegmenten worden later op de site d.m.v. inwendige boutverbindingen aan elkaar bevestigd. Afhankelijk van het type turbine kan de toren ook volledig in de haven worden gemonteerd en in zijn geheel naar de site worden gevaren voor installatie;

- Het werkplatform, de hijsinrichtingen en de elektrische infrastructuur die deel uitmaakt van de windturbine zelf, worden gemonteerd;
- Daarna wordt de windturbinegondel met de grote mobiele kraan op het ponton/schip gezet;
- De rotor van de windturbine wordt op de grond, in horizontale positie, samengebouwd, met behulp van de kleine mobiele kraan;
- De rotors worden dan op de as van de windturbine gemonteerd, met behulp van de grote mobiele kraan. De kleine mobiele kraan zorgt opnieuw voor de nodige geleiding. De kleinere turbintypes gaat men vaak blad per blad installeren offshore terwijl de turbines vanaf 5-6 MW tot nu toe steeds werden geïnstalleerd met een volledig geassembleerde rotor;
- De windturbine wordt vervolgens op het transportponton aan een elektrische voeding aangesloten om de nodige testen te kunnen uitvoeren. Na het testen wordt de windturbine terug losgekoppeld en klaargemaakt voor transport;
- De nog niet voorgemonteerde rotorbladen (één blad of alle drie) worden op het ponton/schip gelegd en vastgemaakt om naar de offshore locatie te worden verscheept.

Voor de plaatsing van de windturbines op de funderingen wordt verder gewerkt met het installatievaartuig of wordt gebruik gemaakt van een 2^{de} ponton (een jack-up ponton). De installatievolgorde is als volgt :

- Het ene of de meerdere torenelement(en) worden opgehesen door de hijskraan om op de fundering te worden gemonteerd;
- Als de toren of het torenelement staat, worden alle bouten geplaatst en aangedraaid;
- De hijskraan wordt losgekoppeld van de toren of het torenelement;
- De windturbine, met rotor en eventueel 2 voorgemonteerde bladen, wordt opgehesen door de hijskraan en op de toren gemonteerd;
- Als de windturbine staat, worden alle bouten geplaatst en aangedraaid;
- De hijskraan wordt losgekoppeld van de windturbine;
- De resterende rotorbladen (één of alle drie) worden opgehesen door de hijskraan en aan de rotornaaf gemonteerd;
- Wanneer de rotorbladen in de juiste positie staat, worden alle bouten geplaatst en aangedraaid;
- De hijskraan wordt losgekoppeld;
- Het installatievaartuig/ponton wordt verplaatst naar de volgende positie.

Voor wat betreft het assembleren van de windturbines op het transportponton of installatieschip wordt aangenomen dat 1 windturbine per 24 uur kan worden geassembleerd. Met betrekking tot het plaatsen van de windturbines op de funderingen wordt aangenomen dat er 1 windturbine per 24 uur kan worden geplaatst (bij geschikt weer). Er zal enkel gewerkt kunnen worden wanneer de zee het rustigst is (met name voorjaar en zomer) en alle werken zullen uitgevoerd worden in volcontinu dienst (24 u op 24 u, 7 dagen per week).

In Bijlage 2.6.1 worden ten titel van informatie een aantal beelden verstrekt van oprichtingswerken en transport van windturbines op zee.

Bijlage 2.6.1: Illustraties van de activiteiten tijdens de constructiefase

2.6.1.4 Elektrische infrastructuur

Er wordt van uitgegaan dat de aanvoer van de kabels gebeurt via schepen van de kabellegger. De offshore hoogspanningsstations bestaande uit transformator(en), schakelapparatuur, stuur- en controlekasten, worden volledig op land samengebouwd. De complete stations worden op land bekabeld en getest. Alle apparatuur wordt in een gesloten behuizing ingebouwd die op een metalen draagstructuur rust. De fundering van de offshore hoogspanningsstations wordt apart geleverd en geïnstalleerd, gelijkaardig aan de funderingen van de windturbines.

Kabels op zee worden aangelegd door een kabellegend schip uitgerust met:

- Oppervlaktereferentiesysteem: GPS;
- Onderwaterreferentiesysteem: sonar;
- Eventueel dynamisch positionersysteem;
- Onder water ploeg of jet-ingravingsuitrusting.

Er wordt een kabel toegepast geschikt voor maritieme toepassing. De kabelsleuf wordt gemaakt met behulp van twee speciale spuitmonden (jetting) of een roterend getand rad (ploeg), of met een combinatie van beide technieken. In alle gevallen wordt de sleuf van zelf met zand gevuld, d.w.z. door de natuurlijke stromingen nabij de bodem van de zee. Het moederschip wordt zeer nauwkeurig gepositioneerd met behulp van een GPS systeem. De kabellegger heeft een onafhankelijke aandrijving van het moederschip maar wordt wel vanuit dit schip bestuurd. Een aantal gespecialiseerde vaartuigen zijn voorhanden, uitgerust met alle noodzakelijke apparatuur.

De exportkabel(s) voor het windpark wordt/worden vanaf de kust in de richting van het windpark gelegd. De parkkabel wordt langs de fundering naar boven geleid. De kabels komen de toren binnen boven het hoogwaterniveau. Ter hoogte van de vaargeul wordt een sleuf gebaggerd tot op de vereiste diepte. Kabels op land worden aangelegd waar mogelijk in open sleuf en waar noodzakelijk via gestuurde horizontale boring.

2.6.1.5 Transportbewegingen tijdens de constructiefase

2.6.1.5.1 Transportbewegingen voorbereiding offshore bouwlocatie

In geval gebruik gemaakt wordt van het monopile funderingstype met statische erosiebescherming of indien gebruik gemaakt wordt van het gravitaire funderingstype, dient de offshore bouwlocatie vooraf klaargemaakt te worden. Deze voorbereiding vereist het transport van een baggerschip en een storterschip. De transportbewegingen voor de voorbereiding van de offshore bouwlocatie worden allen gepland in bouwfase I. Tabel 2.6.1 geeft een overzicht van het geraamd aantal transportbewegingen per configuratie.

Tabel 2.6.1: Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voorbereiding bouwlocatie per configuratie

Configuratie	Funderingstype		Aantal transportbewegingen
Configuratie 1	monopile	statische erosiebescherming	57
		dynamische erosiebescherming	niet van toepassing
Configuratie 2	monopile	statische erosiebescherming	49
		dynamische erosiebescherming	niet van toepassing
	jacket		niet van toepassing
Configuratie 3	jacket		niet van toepassing
	gravitaire fundering		30

2.6.1.5.2 Transportbewegingen aanvoer funderingen en transitiestukken

Voor de aanvoer van funderingen naar de offshore bouwlocatie wordt gebruik gemaakt van een barge of jack-up, waarbij 1 fundering per transport aangeleverd wordt. Monopiles kunnen eventueel ook drijvend aangevoerd worden. Indien het monopile funderingstype toegepast wordt, dienen eveneens transitiestukken afzonderlijk naar de offshore bouwlocatie getransporteerd te worden (bij het jacket funderingstype is het transitiestuk ingebouwd in de vakwerkstructuur en het gravitaire funderingstype vereist geen transitiestuk tussen de fundering en de mast van de windturbine). De aanvoer van transitiestukken kan net zoals voor de aanvoer van de funderingen plaatsvinden met een barge of jack-up, waarbij 4 transitiestukken per transport aangeleverd worden, of met een groot installatieschip, waarbij 10 transitiestukken per keer aangevoerd worden. Het transport van de funderingen en transitiestukken gebeurt gedurende bouwphase I. Een overzicht van het geraamd aantal transportbewegingen per configuratie wordt weergegeven in Tabel 2.6.2 en Tabel 2.6.3.

Tabel 2.6.2: Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van funderingen per configuratie

Configuratie	Funderingstype	Aantal transportbewegingen
Configuratie 1	monopile	88
Configuratie 2	monopile	76
	jacket	76
Configuratie 3	jacket	49
	gravitaire fundering	49

Tabel 2.6.3: Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van transitiestukken per configuratie

Configuratie	Funderingstype	Aantal transportbewegingen met barge	Aantal transportbewegingen met groot installatieschip
Configuratie 1	monopile	22	9
Configuratie 2	monopile	19	8
	jacket	niet van toepassing	niet van toepassing
Configuratie 3	jacket	niet van toepassing	niet van toepassing
	gravitaire fundering	niet van toepassing	niet van toepassing

2.6.1.5.3 Transportbewegingen aanvoer erosiebescherming

Rondom de monopile fundering en de gravitaire fundering wordt een erosiebescherming aangelegd. Rond de jacket wordt momenteel geen erosiebescherming voorzien. De aanvoer en aanleg van de erosiebescherming gebeurt met een steenstortschip. Er wordt verondersteld dat het steenstortschip drie funderingen van een erosiebescherming kan voorzien vooraleer terug te moeten keren naar de haven. Een overzicht van het geraamd aantal transportbewegingen per configuratie wordt weergegeven in Tabel 2.6.4. De transportbewegingen voor de aanvoer van de erosiebescherming naar de offshore bouwlocatie worden allen gepland in de loop van bouwfase I.

Tabel 2.6.4: Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van erosiebescherming per configuratie

Configuratie	Funderingstype		Aantal transportbewegingen
Configuratie 1	monopile	statische erosiebescherming	29
		dynamische erosiebescherming	29
Configuratie 2	monopile	statische erosiebescherming	25
		dynamische erosiebescherming	25
	jacket		niet van toepassing
Configuratie 3	jacket		niet van toepassing
	gravitaire fundering		16

2.6.1.5.4 Transportbewegingen aanvoer windturbines, offshore hoogspanningstations en meteomast

Voor de aanvoer van de windturbines, het offshore hoogspanningsstation (1 of 2 stuks) en de meteomast vanuit de haven naar de offshore bouwlocatie zijn er 2 alternatieven mogelijk:

- Alternatief 1 – Twee pontons: De turbines worden getransporteerd door een transportponton (in dit geval een jack-up ponton), voortgetrokken door een sleepboot. Dergelijk ponton kan gemiddeld twee complete turbines per keer verschepen. Ter hoogte van de offshore bouwlocatie blijft een tweede ponton (een jack-up ponton) ter plaatse, waar het de installatie van de turbines verzorgt en zich enkel tussen de turbineposities verplaatst;
- Alternatief 2 – Installatieschip: Als alternatief op het gebruik van twee pontons kan één groot installatieschip worden ingezet. Dit schip kan gemiddeld zes turbines tegelijk vervoeren en heft zichzelf ook uit het water. Hierbij bestaat de optie om de locatie van de haven waar de turbines ingescheept worden verder weg van de Belgische kust te kiezen.

Een overzicht van het geraamd aantal transportbewegingen per configuratie en per transportalternatief wordt weergegeven in Tabel 2.6.5. De transportbewegingen voor de aanvoer van de windturbines, het offshore hoogspanningsstation (1 of 2 stuks) en de meteomast vinden allen plaats in bouwfase II.

Tabel 2.6.5: Overzicht geraamd aantal transportbewegingen voor de aanvoer van windturbines, de offshore hoogspanningsstations en de meteomast per configuratie

Configuratie	Funderingstype	Aantal transportbewegingen	Aantal transportbewegingen
--------------	----------------	----------------------------	----------------------------

		met 2 pontons	met groot installatieschip
Configuratie 1	monopile	44	15
Configuratie 2	monopile	38	13
	jacket	38	13
Configuratie 3	jacket	25	9
	gravitaire fundering	25	9

2.6.1.5.5 *Transportbewegingen voor de aanleg van kabels*

De export- en parkkabels worden in één beweging aangelegd door een kabellegschip. Extra transportbewegingen worden voorzien voor assisterende schepen. Het aantal transporten wordt geschat op 5.

2.6.1.5.6 *Transportbewegingen personeel*

Personeeltransport per schip gedurende de constructiefase worden geraamd op 100 transporten, onafhankelijk van de gekozen configuratie. De transportbewegingen voor het personeel vinden plaats over de gehele duur van de constructiefase. Er wordt uitgegaan van het feit dat het personeel aan boord blijft bij de installatieschepen.

2.6.2 **Exploitatiefase**

2.6.2.1 *Organisatie – algemeen*

De exploitatie zal verlopen conform de geldende regelgeving betreffende veiligheid, gezondheid en milieu.

Voor de dagelijkse exploitatie van het windpark zal men beroep doen op een centraal controlecenter. Een team van gekwalificeerde technici zal worden belast met preventieve en curatieve onderhoudstaken.

Northor staat in voor de supervisie van de technische werkzaamheden van de windturbineleverancier en van andere dienstverleners, de kwaliteitsbewaking van uitgevoerde werken, het netbeheer, het vermarkten van de geproduceerde elektriciteit en certificaten, het juridisch-financieel-administratieve beheer van de vennootschap, etc.

2.6.2.2 *Bedrijfszekerheid van de windturbines*

De bedrijfszekerheid van de windturbines wordt bepaald door de beschikbaarheid en de bereikbaarheid. Op land is de bedrijfszekerheid circa 97 % tot 98 %. Op offshore locaties is dit lager doordat storingen niet altijd direct verholpen kunnen worden vanwege de lagere bereikbaarheid door:

- De afhankelijkheid van de beschikbare transportmiddelen;
- De relatief lange reistijd;
- De afhankelijkheid van weerscondities en seizoensinvloeden.

De mogelijke beschikbaarheid van de windturbine op zich kan gemaximaliseerd worden door:

- Een zeer doorgedreven monitoring- en besturingssystemen (SCADA systeem);

- De redundante uitvoering van systemen/componenten;
- Een uitgekiende planning van de preventieve onderhoudsbeurten.

De bedrijfszekerheid voor de windturbines wordt contractueel met de leverancier vastgelegd.

2.6.2.3 Afstandscontrole en besturing

Het North Sea Power windpark wordt uitgerust met een afstandscontrole- en besturingssysteem (SCADA-systeem). Hiertoe wordt een centrale, geautomatiseerde eenheid voorzien. Deze eenheid kan via een glasvezelverbinding, geïntegreerd in de transportkabels, communiceren met een bewakingscentrum op de wal. Dezelfde centrale eenheid kan via de glasvezelverbinding in de verbindingkabels tussen de windturbines communiceren met iedere afzonderlijke windturbine. De afstandsbediening laat het melden van storingen toe, alsook het corrigeren van storingen van op afstand en het monitoren van de nodige werkingsparameters, met het oog op preventief onderhoud.

2.6.2.4 Onderhoud funderingen en windturbines

Voor wat betreft de funderingen worden preventieve maatregelen genomen, hoofdzakelijk bestaande uit het aanbrengen van de nodige coatings aan de buitenzijde van de funderingspalen en het voorzien van een kathodische bescherming. Ook kan een continue monitoring worden voorzien van de bodemerrosie rond de funderingspalen.

Ook voor wat betreft de windturbines moet het onderhoud zoveel als mogelijk op preventieve basis worden uitgevoerd, steunende op statistieken en vooral continue metingen/opvolging van de relevante werkingsparameters.

Een jaarlijkse visuele inspectie (boven de waterlijn), waarbij wordt gekeken naar zichtbare oppervlaktebeschadigingen, deuken, roestvorming... wordt standaard voorzien. Tijdens deze visuele inspectie wordt er ook gekeken naar de toestand van reddingsmiddelen en navigatieverlichting.

Een beperkte stock aan (kleine) reserveonderdelen wordt aan land voorzien.

Om de meerdere jaren wordt het onderwatergedeelte door een ROV (Remotely Operated Vehicle of robotje met camera) geïnspecteerd, waarbij wordt gecontroleerd op visuele gebreken en corrosie, en de werking van de kathodische bescherming wordt nagekeken. Deze controle houdt verband met de certificeringeisen. De invoer van de voedingskabels wordt visueel gecheckt.

Om de meerdere jaren wordt een groot onderhoud uitgevoerd, waarbij herstel en vernieuwing van het schilderwerk boven de waterlijn is inbegrepen.

2.6.2.5 Onderhoud van de elektrische installatie

Op de elektrische kabels worden enkel herstelwerkzaamheden voorzien, geen preventief onderhoud. Deze moeten zo snel mogelijk worden uitgevoerd om de beschikbaarheid van het windpark te maximaliseren. Het repareren van een kabel verloopt als volgt:

- Via een impuls-echo meting aan één van de kabeluiteinden wordt bepaald waar de storing aan de kabel zich bevindt. Dit kan met een nauwkeurigheid van beter dan 1 %;

- De kabel wordt dan 20 tot 50 meter aan beide zijden van de foutplaats opengelegd;
- Op de foutplaats wordt de kabel doorgeknipt en beide delen worden op pontons naar boven gebracht. Door het indringen van water zal een gedeelte van de kabel moeten worden verwijderd;
- Daarna worden de beide kabeldelen met een stuk reservekabel en twee moffen aan elkaar verbonden;
- De herstelde kabel wordt terug op de bodem van de zee gebracht, waarna hij wordt ingegraven met de gekende technieken.

De inspectie van de elektrische infrastructuur op de windturbines zelf kan worden gecombineerd met de jaarlijkse inspectie op de windturbines.

2.6.2.6 Toegang voor het onderhoudspersoneel

Er zal toegang tot de windturbines zijn met behulp van een onderhoudsschip, eventueel kan de mogelijkheid voor toegang met behulp van helikopters worden voorzien (bijvoorbeeld bij nood, of bij dringende interventies in slechte weersomstandigheden). In dit laatste geval zouden personeelsleden via het top-mounted platform via helikopter kunnen worden geëvacueerd in geval van nood.

2.6.2.7 Aangepaste werk- en vaartuigen

Voor de werkzaamheden die op land worden uitgevoerd (bij de windturbineleverancier of bij Norther) worden de klassieke werktuigen en uitrusting gehanteerd.

Er bestaan twee mogelijkheden betreffende de inzet van het onderhoudsschip:

- Een eerste optie bestaat erin om met een schip van op het land (bijvoorbeeld vanuit de haven van Oostende) dagelijks af en aan te varen naar het windpark;
- Bij de tweede optie – het floating service concept – blijft een groot schip (een hotelschip) gedurende enkele weken ter hoogte van het windpark. Vertrekkend vanuit dit moederschip wordt vervolgens met kleinere schepen onderhoud van de afzonderlijke turbines uitgevoerd. Om de twee weken keert het moederschip terug naar land voor aflossing van de crew.

Enkel bij zware breuk (vervangen van een volledige rotor of gondel) zal een 'jack-up' met hijsinrichting worden ingezet.

2.6.3 Ontmantelingsfase

2.6.3.1 Algemeen

Na afloop van de exploitatieperiode, die op 20 jaar is gesteld, zal het windpark worden ontmanteld of wordt een verlenging van de vergunningen aangevraagd.

Over het algemeen kan worden gesteld dat ontmanteling van het park uit gelijksoortige operaties bestaat als de bouw, doch de volgorde van uitvoering is omgekeerd. Voor de ontmantelingsactiviteiten wordt uitgegaan van het inzetten van soortgelijk materieel als bij de installatie van het park. Er wordt uitgegaan van een duurtijd van 1 jaar voor het terug in oorspronkelijke staat brengen van de site. Norther engageert zich om de

site zoals voorgeschreven te herstellen indien dit om redenen van bestemming, gebruik of ecologische criteria noodzakelijk is.

Op basis van de staat van het park, de geldende wetgeving en de op dat tijdstip beschikbare technieken zullen werkmethodes worden ontwikkeld. Hierbij dient aangestipt te worden dat een maximale recyclage van onderdelen en materiaal wordt nagestreefd. Alle verwijderde componenten zullen naar land worden afgevoerd voor verdere verwerking.

2.6.3.2 Verwijderingen van de turbines

Het verwijderen van de windturbines gebeurt in omgekeerde volgorde als beschreven voor de installatie van de windturbines op de funderingen.

- De rotor en gondel van de windturbine worden losgemaakt en door de kraan op het drijvend ponton, gehesen. Deze kraan legt de uitrusting neer op het transportponton. Dit kan gebeuren blad per blad en dan de gondel afzonderlijk; of de volledige rotor en dan de gondel of nog eerst 1 blad en dan de gondel + rotor met 2 gemonteerde bladen. Dit hangt af van de gekozen ontmantelingsmethode en vaartuigen;
- De hijskraan wordt gekoppeld aan de toren of het torenelement;
- Alle bouten worden losgedraaid en verwijderd;
- Het ene of de meerdere torenelement(en) worden losgemaakt van de fundering en door de hijskraan op het drijvend ponton gehesen en op het transportponton gelegd;
- Het transportponton vaart met de verschillende componenten naar de haven; of verplaatst zich naar de volgende te demonteren windturbine en vaart met de onderdelen van 2 turbines af.

Aan de wal kunnen de onderdelen van de turbines verder ontmanteld worden. Zo kan men in de toren de ladders en platformen scheiden van de rest, evenals de hoogspanningskabels en de elektrische kasten. De toren, ladders en platformen (staalstructuren) kunnen opnieuw gebruikt worden als secundaire grondstof in de staalindustrie. Van kabels en elektrische kasten kan het koper hergebruikt worden. Ook hier geldt dus dat een deel van het materiaal herbruikbaar of recycleerbaar is.

Ook de diverse componenten van de gondel kunnen indien gewenst apart gedemonteerd worden en opnieuw gerecupereerd. We denken hierbij vooral aan de onderdelen van de tandwielkast (staal), generator (ijzer en koper), transformator (ijzer en koper) en hoofdas en hub (staal). Het glasvezel van de bladen kan in bepaalde productieprocedures aangewend worden, zoals wegebouw (vermenging in asfalt), of burgerlijke bouwkunde (verwerking in bitumen of beton). Alle oliën zullen een technische expertise moeten ondergaan en door gecertificeerde firma's gerecycleerd worden.

Als alternatief kan natuurlijk ook beslist worden alle onderdelen aan een technische expertise te onderwerpen en die onderdelen die nog in goede staat zijn als 2^{de} hands materiaal ter beschikking te stellen.

2.6.3.3 Verwijdering van de funderingen en erosiebescherming

Bij monopile of jacket funderingen zullen de metalen buizen onder water worden afgesneden tot op een diepte van ca. 2 m onder de zeebodem (op basis van de huidige stand van de techniek). Indien een erosiebescherming aangebracht werd, wordt het overblijvende gedeelte van de funderingspaal afgedekt met

het erosiebeschermingsmateriaal teneinde te vermijden dat de funderingsrest door bodemerosie zou vrijspoelen. De funderingspaal zelf (stalen cilinder) en de andere metalen secundaire structuren (bootlanding, ladders) kunnen hergebruikt worden in de metaalverwerkende industrie.

De gravitaire fundering wordt leeggemaakt en vrijgemaakt. Vervolgens wordt de fundering ter plaatse op zee gesloopt en worden de onderdelen naar land getransporteerd voor verwijdering of recuperatie.

2.6.3.4 Verwijdering van elektrische kabels

In het Koninklijk besluit van 12 maart 2002 betreffende o.m. de regels voor het leggen van elektriciteitskabels in de territoriale zee wordt geen verplichting opgelegd om de mariene kabels te verwijderen. Wel wordt er op gewezen dat de 'definitieve afstand in optimale en veilige omstandigheden en met respect voor het milieu' dient te gebeuren (Art.5-11°).

De keuze voor het al of niet verwijderen van de elektrische kabels en de uitvoeringswijze moet op het einde van de exploitatie bepaald worden in samenspraak met de vergunningverlener en dit op basis van:

- Technisch-financiële evaluatie van de beschikbare technologieën;
- Ecologische criteria.

Voor de eventuele elektrische installaties op land wordt eveneens een ontmanteling voorzien.

3 ALTERNATIEVEN

3.1 NAAR LOCATIE

De motivatie voor de locatiekeuze wordt uitgewerkt in paragraaf 1.2.2. Uit deze tekst wordt onmiddellijk duidelijk dat er geen alternatieven zijn naar locatie. Er is een unieke zone waarvoor een concessie wordt aangevraagd en waarbinnen het windpark zich situeert.

3.2 NAAR WIJZE VAN UITVOERING

3.2.1 Type van de turbine

De factoren die meespelen in de keuze van het type turbine worden beschreven in paragraaf 2.4.1.1. Een overzicht van de belangrijkste karakteristieken van de typevoorbeelden gebruikt voor de beschrijving van de milieueffecten worden gegeven in Tabel 3.2.1.

Tabel 3.2.1: Overzicht typevoorbeelden windturbines

Naam	Vermogen	Rotordiameter	Status ontwikkeling
Siemens SWT-3.6-120 turbine	3,6 MW	120 m	Beschikbaar
REpower 6M turbine	6,15 MW	126 m	Beschikbaar
Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower	10 MW	150 m	In ontwikkeling

3.2.2 Type van fundering

Diverse alternatieven qua funderingstype worden overwogen. Het type fundering is uiteraard afhankelijk van de locatie (zeebodem, waterdiepte) en de belastingen van de windturbine en de waterbewegingen (golven, stroming). Binnen het MER worden drie alternatieven geëvalueerd:

- Monopile fundering;
- Jacket fundering;
- Gravitaire fundering.

In § 2.4.2 worden grafische voorstellingen van deze diverse types funderingen weergegeven.

3.2.2.1 Monopile fundering

Bij een monopile fundering wordt elke windturbine op 1 stalen buis gezet die voorafgaandelijk in de zeebodem is geheid. Monopiles hebben de volgende voordelen ten opzichte van de alternatieven:

- Eenvoudige constructie;
- Geen effening van de zeebodem vereist indien gewerkt wordt met een dynamische erosiebescherming;
- Geschikt voor verschillende dieptes en voor een niet-horizontaal bodemverloop.

Mogelijke nadelen van een monopile zijn:

- De bodem moet geschikt zijn voor het heien; het bodemprofiel moet heien over een voldoende diepte toelaten;
- Heiwerkzaamheden op zee zijn tijdrovend; de duur van de heiwerkzaamheden is bepalend voor de bouwplanning;
- Gevoelig voor metaalvermoeidheid ten gevolge van hydrodynamische belasting.

De monopile fundering is het best geschikt als funderingstype wanneer gekozen wordt voor configuratie 1. Indien configuratie 2 geïnstalleerd wordt, is er de mogelijkheid om monopile funderingen in te zetten, hoewel in dat geval eerder gebruik gemaakt zal worden van een jacket fundering of een gravitaire fundering. Bij het monopile funderingstype zijn twee type erosiebescherming mogelijk: statische of dynamische erosiebescherming. Deze beide types worden besproken in onderstaande paragrafen.

3.2.2.1.1 *Statische erosiebescherming bij monopile funderingen*

Bij de statische erosiebescherming dient de windturbinelocatie vóór plaatsing van de fundering vlak gebaggerd te worden. Vervolgens wordt een filter layer aangebracht:

- De filter layer is een onderlaag van kleinere stenen (grind met kaliber van 4 tot 32 kg; Dn50 = 50 mm) met een dikte van ca. 100 cm en een volume van ca. 500 m³;
- De diameter van de erosiebescherming bedraagt ca. 5 keer de paal diameter;

Na aanleg van de filter layer kan de monopile fundering geplaatst worden. Kort nadien volgt de afwerking van de erosiebescherming, namelijk door aanleg van de amour layer, een toplaag van breukstenen (kaliber van 15 tot 300 kg; Dn50 = 540 mm). De amour layer heeft een dikte van ca. 100 cm en volume van ca. 600 m³. De grootste stenen worden voorzien voor de ondiepste locaties (waar de impact van golfslag het grootst verwacht wordt).

3.2.2.1.2 *Dynamische erosiebescherming bij monopile funderingen*

Indien gekozen wordt voor de dynamische erosiebescherming, wordt de windturbinelocatie vooraf niet genivelleerd. De monopile fundering wordt zonder voorbereiding van de zeebodem geplaatst en na installatie van de fundering wordt de vorming van een erosieput rondom de paal toegestaan. Deze put wordt vervolgens geheel of gedeeltelijk opgevuld met breukstenen, waarbij eerst een filter laag wordt geplaatst en vervolgens wordt afgestort met een toplaag.

Ter hoogte van de Bligh Bank (het Belwind windpark) werd de diepte van de erosieputten gemonitord, enkele dagen na beëindiging van het inheien van de monopiles (5 februari 2010). De eerste monopile werd geïnstalleerd op 8 september 2009. De dieptemetingen van de erosieputten toonden een variatie van 2 tot 6,5 m (Degraer *et al.*, 2010a).

3.2.2.2 *Jacket fundering*

Een alternatief op de monopile fundering is de jacket fundering (een type multipode fundering, met 4 poten). Deze kan toegepast worden indien 1 monopile niet volstaat om de krachten uitgeoefend op de fundering op te vangen. In dit geval worden meerdere (kleinere) stalen buizen voorafgaandelijk in de zeebodem geheid

waarop dan een aangepaste vakwerkstructuur waarop de windturbine geplaatst wordt. Voordelen van dit type fundering zijn:

- Geen effening van de zeebodem vereist; oneffenheden van de zeebodem kunnen door funderingspalen van verschillende lengtes worden opgevangen;
- Minder gevoelig voor erosie.

Nadelen zijn:

- De moeilijke bereikbaarheid van de windturbines in ondiepe wateren; het vakwerk van een jacket, boven de zeebodem, beperkt de diepgang rond de turbine, die bij ondiepe wateren problematisch kan zijn voor de toegang tot de turbine;
- Heiwerkzaamheden op zee zijn tijdrovend; de duur van de heiwerkzaamheden is bepalend voor de bouwplanning.

De jacket fundering is geschikt als funderingstype voor configuratie 2 en 3 (met grotere types turbines). Voornamelijk voor configuratie 2 geniet het jacket funderingstype de voorkeur (boven de gravitaire fundering).

3.2.2.3 Gravitaire fundering

Bij deze type fundering wordt een zware ballastvoet gebouwd waarop de volledige structuur verder aangebouwd wordt. Hierbij wordt de windturbine niet in het sediment geheid, maar staat op het sediment. Voordelen van dit type fundering zijn:

- Beperkte installatiewerkzaamheden op zee; gravitaire funderingen worden aan land gebouwd. Na voorbereiding van de ondergrond, brengt men de gravitaire funderingen ter plaatse en laat deze op een eenvoudige manier op de bodem zakken, heien is niet noodzakelijk. Bij buitendienststelling kunnen ze gemakkelijk worden opgelicht;
- Grote stijfheid; een gravitaire fundering biedt een grotere stijfheid dan een monopile. Hierdoor zijn trillingen van de structuur fundering-windturbine kleiner. Dit komt de levensduur van de windturbines ten goede.

Nadelen van een gravitaire fundering zijn:

- Scheefstand van de fundering is slechts beperkt corrigeerbaar tijdens de installatie; de goede effening van de zeebodem is kritisch voor de verticaliteit van de fundering;
- Omvangrijke bouwfaciliteiten aan land zijn vereist; een uitgestrekt droogdok moet over de hele duur van het project beschikbaar zijn. De afmetingen van het droogdok zijn bepalend voor de bouwplanning.

De gravitaire fundering is geschikt als funderingstype voor configuratie 2 en 3.

3.2.3 Het ingezette materieel

Hierbij gaat het in principe om schepen en hijspontons. Bij het gebruik van de schepen kan er op gelet worden dat gebruik gemaakt wordt van lage emissie brandstoffen.

Voor de aanvoer van de windturbines, de funderingen, de offshore hoogspanningsstations en de meteomast vanuit de haven naar de offshore bouwlocatie zijn dit de 2 belangrijkste alternatieven, die bepalend zullen zijn voor het aantal te voorziene transporten:

- **Alternatief 1 – Twee pontons:** De turbines worden getransporteerd door een transportpontoon (in dit geval een jack-up pontoon), voortgetrokken door een sleepboot. Dergelijk pontoon kan gemiddeld twee complete turbines per keer verschepen. Ter hoogte van de offshore bouwlocatie blijft een tweede pontoon (een jack-up pontoon) ter plaatse, waar het de installatie van de turbines verzorgt en zich enkel tussen de turbineposities verplaatst;
- **Alternatief 2 – Installatieschip:** Als alternatief op het gebruik van twee pontons kan één groot installatieschip worden ingezet. Dit schip kan gemiddeld zes turbines tegelijk vervoeren en heft zichzelf ook uit het water. Hierbij bestaat de optie om de locatie van de haven waar de turbines ingescheept worden verder weg van de Belgische kust te kiezen.

3.3 NAAR CONFIGURATIE

Voor het North Sea Power windpark worden drie alternatieve configuraties weerhouden, die zich in de eerste plaats onderling onderscheiden in de rotordiameter van de turbines:

- **Configuratie 1:** 86 windturbines met rotordiameter ca. 120 m, met een individueel vermogen tussen 3 en 4,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 320 MW. Als typevoorbeeld geldt de Siemens SWT-3.6 turbine (rotor Φ : 120 m) (3,6 MW per turbine → 310 MW totaal geïnstalleerd vermogen);
- **Configuratie 2:** 74 windturbines met rotordiameter ca. 130 m, met een individueel vermogen tussen 5 en 6,5 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 420 MW. Als typevoorbeeld geldt de 6M REpower turbine (6,15 MW per turbine → 455 MW totaal geïnstalleerd vermogen);
- **Configuratie 3:** 47 windturbines met rotordiameter ca. 150 m, met een individueel vermogen tussen 7 en 10 MW, overeenstemmend met een totaal geïnstalleerd vermogen van ca. 400 MW. Als typevoorbeeld geldt de Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower (10 MW per turbine → 470 MW totaal geïnstalleerd vermogen).

Samenvattend wordt voor de park lay-out rekening gehouden met een vermogensrange van 3 MW tot 10 MW per turbine (met een totaal geïnstalleerd vermogen tot 470 MW). De drie alternatieve configuraties van het North Sea Power windpark worden weergegeven Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3.

Zoals besproken onder paragraaf 3.2.2, zijn meerdere funderingstypes mogelijk per configuratie. In overleg met het bestuur is besloten om de volgende combinaties (configuratie + funderingstype) verder te bestuderen binnen voorliggend MER (Tabel 3.3.1):

Tabel 3.3.1: Weerhouden combinaties van configuratie en type fundering

Configuratie		Aantal turbines	Rotor-diameter	Individueel vermogen	Totaal geïnstalleerd vermogen	Funderings-type	Erosie-bescherming
Configuratie 1	a	86	120 m	3 – 4,5 MW	258 – 340 MW (ca. 320 MW)	monopile	JA: statische bescherming
	b						JA: dynamische bescherming
Configuratie 2		74	130 m	5 – 6,5 MW	370 – 444 MW (ca. 420 MW)	jacket	NEEN
Configuratie 3	a	47	150 m	7 – 10 MW	329 – 470 MW (ca. 400 MW)	jacket	NEEN
	b					gravitaire fundering	JA

Hiermee zijn de mogelijke combinaties windturbines/funderingen voldoende geanalyseerd; voor configuratie 2 kan in principe ook gebruik gemaakt worden van een monopile fundering of de gravitaire fundering. Deze funderingstypes worden al uitvoerig besproken in het kader van configuratie 1 en 3 respectievelijk.

3.4 NAAR KABELTRACÉ EN SPANNINGSNIVEAU VAN DE KABEL

De verbinding gebeurt op een 3-fasige onderzeese 150 kV of 220 kV wisselspanning. De 150 kV kabel kan tot 250 MW vermogen naar de kust transporteren, terwijl dit voor de 220 kV kabel tot 400 MW is. Er zal gewerkt worden met twee kabels van 150 kV, of één kabel van 220 kV.

Er zijn twee alternatieve tracés voor de export kabel, weergegeven op Kaart 2.4.1. Bij beide tracés wordt rekening gehouden met volgende factoren:

- De export kabel volgt zoveel mogelijk bestaande onderzeese kabels of pijpleidingen, zodat de ruimte inname beperkt blijft;
- Er wordt rekening gehouden met een beschermde zone (250 m) en een voorbehouden zone (50 m) rond kabels zoals beschreven in de bijlage van het KB van 12 maart 2002.

De alternatieve tracés kunnen als volgt beschreven worden:

- Tracé 1 loopt langs de bestaande Belwind en Eldepasco exportkabel: dit tracé kan enkel toegepast worden indien Interconnector toestemming geeft om de ter hoogte van kruising met de vaargeul 'Scheur' een kleinere veiligheidszone dan 500 m (die doorgaans gehanteerd wordt rondom gasleidingen) te voorzien;
- Tracé 2 loopt langs de telecom kabel 'Concerto South'.

4 BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE MILIEUEFFECTEN PER DISCIPLINE

Het windpark is gelegen binnen de afgebakende zone voor windenergie volgens het KB 17/05/2004 (kortweg: windconcessie zone) op 20 à 30 km van de Belgische kust ten zuidoosten van de Thorntonbank (Kaart 1.2.1). Zoals reeds aangegeven in de inleiding wordt een opsplitsing gemaakt in het North Sea Power concessiegebied relevant in het kader van de milieueffectenbeoordeling waarmee het aaneengesloten uitgebreide gebied met een oppervlakte van ca. 44 km² wordt bedoeld en het concessiegebied *sensu stricto* die verwijst naar de effectief beschikbare ruimte voor de installatie van windturbines (ca. 26 km²) en waarbij de bufferzones rond kabels en pijpleidingen gelegen binnen het concessiegebied uitgesloten zijn.

Gezien biologische processen op een iets ruimere schaal afspelen dan hun concessiegebied, wordt hier de zone ten zuidoosten van de Thorntonbank en ten oosten van de Goote Bank als projectgebied genomen voor het beschrijven van de referentiesituatie. Daarnaast verwijst het studiegebied naar de zone waarbinnen er zich verstoring kan voordoen ten gevolge van de constructie, de exploitatie en de ontmanteling van het windpark, en kan in die zin deze zone nog ruimere dimensies aannemen.

Het projectgebied is gelegen ten zuidoosten van de Thorntonbank die deel uitmaakt van de Zeelandbanken of Zeeuwse banken. De Zeelandbanken liggen parallel met de kustlijn en op een afstand van ongeveer 15 tot 35 km van de kust. De kruinzones (toppen) van deze banken liggen – op een uitzondering na – beneden de 10 m dieptelijn.

Op huidig ogenblik zijn in de Belgische mariene wateren 3 windparken (C-Power, Belwind, Eldepasco) vergund waarvan reeds 2 parken gestart zijn met de bouw. C-Power heeft 6 windturbines (gravitaire fundering) geplaatst op de Thorntonbank en Belwind 55 windturbines (monopile) op de Bligh Bank. In tegenstelling tot voorgaande milieueffectenrapporten voor offshore windparken waar voor de algemene effectbespreking (hoofdstuk 4) enkel de effecten van één park (inclusief de verschillende configuratiealternatieven) afzonderlijk werden bestudeerd, worden in voorliggend MER zowel de configuratiealternatieven van Norther (analoog als voorgaande MERs) als de bestaande situatie (verder genaamd: het basisscenario) bestaande uit 6 GBF C-Power (afgekort: C-Power**) + 55 MP Belwind (afgekort: Belwind**) + Norther besproken.

[Kaart 4.1.0: Ligging van de reeds geplaatste windturbines van C-Power en Belwind](#)

Gezien de problemen om bepaalde effecten goed kwantitatief te beschrijven, is gekozen voor een semi-kwantitatieve aanpak. Hierbij worden de effecten beschreven in relatie tot hun grootte, hun reikwijdte (omvang) en hun tijdelijk of permanent karakter. De beschreven effecten worden in de vorm van een relatieve plusmin-beoordeling weergegeven.

Volgende definities zijn van toepassing:

Symbol	Omschrijving	Beschrijving	Beoordeling milieu/ organismen
++	Significant positief effect	Meetbaar positief effect, van grote omvang (BDNZ), tijdelijk of permanent karakter	Zeer positief
+	Matig positief effect	Meetbaar positief effect, van beperkte omvang (projectgebied), tijdelijk of permanent karakter	Positief
0/+	Gering positief effect	Meetbaar klein positief effect, van beperkte omvang (projectgebied), steeds tijdelijk karakter	Neutraal
0	(vrijwel) geen effect	Onmeetbaar effect of niet relevant	Geen
0/-	Gering negatief effect	Meetbaar klein negatief effect, van beperkte omvang (projectgebied), steeds tijdelijk karakter	Verwaarloosbaar
-	Matig negatief effect	Meetbaar negatief effect, van beperkte omvang (projectgebied), tijdelijk of permanent karakter	Aanvaardbaar
--	Significant negatief effect	Meetbaar negatief effect, van grote omvang (BDNZ), tijdelijk of permanent karakter	Onaanvaardbaar

Bij de effectbeoordeling wordt onderscheid gemaakt in effecten tijdens de constructie, de exploitatie, de ontmanteling en de bekabeling. Tevens wordt aangegeven welke de leemten in de kennis zijn en welke milderende (effectbeperkende) maatregelen mogelijk zijn. Er wordt zowel aandacht besteed aan de negatieve effecten als aan de mogelijke positieve effecten voor het milieu.

4.1 BODEM

4.1.1 Referentiesituatie

4.1.1.1 Locatie van het onderzoeksgebied

Het concessiegebied North Sea Power is gesitueerd op 22-30 km vanaf de Belgische kustlijn ten noordwesten (NW) van Zeebrugge. In het noordoosten (NO) grenst de zone aan de Nederlandse territoriale wateren (Figuur 1.1.1). De zone overlapt gedeeltelijk met een drietal banken: de Thorntonbank in het noordwesten, de uiterste noordoostelijke uitloper van de Goote Bank in het zuidwesten van de zone en de Rabsbank in het noordoostelijke gedeelte vanuit het Nederlandse deel van de Noordzee. De totale oppervlakte van het concessiegebied bedraagt 44 km² (exclusief veiligheidszone).

4.1.1.2 Algemene bathymetrie van het concessiegebied

Bathymetrisch bevindt het concessiegebied zich tussen -14 en -30 m TAW (G-Tec, 2010). De ondiepste gedeelten komen overeen met de duintoppen gelieerd met de banken in de zone. De diepste gedeelten zijn de vlakke zeebodemgedeeltes tussen de banken. Voor meer details wordt verwezen naar paragraaf 4.1.1.3.

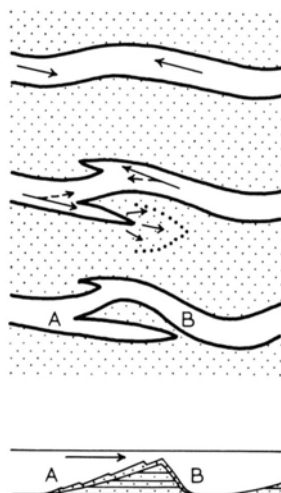
4.1.1.3 Morfologie en morfodynamiek

4.1.1.3.1 Ontstaan zandbanken en andere reliëfvormen

De zandbanken in het Belgische deel van de Noordzee zijn getijdenbanken, ontstaan uit de interactie van fluviatiel aangevoerd zand en ZW-NO gerichte getijdestromingen (Figuur 4.1.1). Waar de getijstroom uit één der beide richtingen een zandaccumulatie op hun weg ontmoeten, concentreren zij zich op de laagste punten. Van hier af worden geulen in het zand uitgeschuurd, waarvan de bodem naar het midden der accumulatie toe geleidelijk oploopt. In het ondiepe einde van deze geulen neemt door vernauwing van het profiel de stroomsnelheid en daardoor ook het zandtransport toe. Het verplaatste zand hoopt zich tenslotte op als meer of minder paraboolvormige wallen om het 'einde' der geulen. Zou de stroom steeds in dezelfde richting blijven voortgaan, dan zouden de geulen zich tenslotte wellicht tot aan de andere kant der zandaccumulatie verlengen en zouden er stelsels van evenwijdige ruggen gevormd worden.

Doordat tengevolge van de getij-opeenvolging de stroomrichting telkens omkeert, worden deze zandwallen echter ook beurtelings van de andere zijde bewerkt. Daarbij concentreren zich ook deze uit de tegenovergestelde richting komende stromen op de laagste plekken, d.w.z. de daarbij ontstane geulen richten zich niet op de paraboolleinden van de andere geulen, maar ernaast en erlangs. De geuleinden blijven dus 'gesloten' en de getijstroom die over deze wallen heen de geulen binnenkomen zijn veel minder krachtig dan die uit de andere richting, die door het 'open' einde naar binnen gaan. Zand dat door de vloedstroom over de paraboolwallen in de ebgeulen terechtkomt, wordt er door de ebstroom vroeg of laat weer uitgewerkt, waarbij het terug kan keren in de vloedscharen, enz. Op deze wijze kunnen de aldus gevormde getijdenscharenstelsels tenslotte een stabiel geheel vormen, waarbij het zand voortdurend rondgaat.

Kleinere eb- en vloedscharenstelsels dan bijvoorbeeld de Vlaamse Banken komen algemeen voor in estuaria en in de Waddenzee.



Figuur 4.1.1 : Ontstaan van een getijdenzandbank (Pannekoek & van Straaten, 1984)

4.1.1.3.2 Fysische kenmerken

De getijdenbanken (tidal banks) zijn de grootste offshore reliëfkenmerken. Ze hebben lengtes van verschillende 10-tallen kilometers en een hoogte van 10-20 m. Hun oriëntatie op het noordelijke halfmond kan tot 60° in tegenwijzerzin zijn met de getijdenstroming; een verschijnsel dat gedeeltelijk zijn oorsprong vindt in de coriolisversnelling (Roos, 2004). De zuidoostelijke banken (Kwintebank, Buitenratel en Oostdyckbank) liggen onder een dergelijke 'offset' met de kustlijn. De Goote Bank en de Thorntonbank – die gedeeltelijk het concessiegebied bedekken – alsook de dichtbij de kust gelegen banken, liggen evenwijdig met de kustlijn. De Bligh Bank (Hinderbanken) maakt een hoek van ca. 40° met de kustlijn.

De Vlaamse banken blijken vrij stabiel te zijn. Na perioden van erosie (door storm of zandextractie) treedt er een proces van regeneratie op (zie ook 'Water'). Er treedt zeker aanwas op vanuit de geulen. Dit wordt voor de Kwintebank ondermeer beschreven door De Moor & Lanckneus (1991).

Een goede overzichtskaart van de getijdenbanken in het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ) wordt weergegeven in Kaart 4.1.1.

Zandgolven (sand waves) zijn beduidend kleiner dan zandbanken – enkele meters hoog – maar meer dynamisch en evenals de getijdenbanken prominent aanwezig op het BDNZ. Doorgaans zijn ze loodrecht op de stromingsrichting aanwezig. Evenals de getijdenbanken is hun ontstaan het gevolg van een onstabiel, vlak zeebed, onderworpen aan getijdestromingen. Meestal zijn ze bedekt met de kleinere megaribbels.

Multibeam metingen ter hoogte van de Hinderbanken brachten aan het licht dat de zandgolven niet alleen op de banken voorkomen maar ook in de geulen (Deleu, 2001). Op het noordelijke gedeelte van de Hinderbanken en de Vlaamse Banken werden zandgolven aangetroffen van 8 m hoogte. In de tussenliggende geulen worden hoogten bereikt tot 11 m.

De verschillende schalen waarop zandgolven kunnen voorkomen zijn:

- Grote zandduinen of –golven met een golflengte van 1500 tot 2000 m en een hoogte variërend van 0,75 tot 3 m;
- Kleine zandduinen met golflengte van 150 tot 1000 m en een hoogte van 0,5 tot 0,75 m;
- Ribbels met een hoogte kleiner dan 0,5 m.

Kaart 4.1.1 : Overzichtskaat Vlaamse Banken, Kustbanken, Zeelandbanken en Hinderbanken

4.1.1.3.3 *Beschrijving projectgebied*

Een gedetailleerde beschrijving van het concessiegebied North Sea Power is gebaseerd op een multibeam echosound survey (MBES), uitgevoerd door G-tech gedurende mei 2010. De resultaten worden hieronder samengevat.

Het concessiegebied kan ruwweg in 4 zones opgedeeld worden. Het noordwestelijk (NW) en zuidoostelijk (ZO) gedeelte van de zone zijn relatief vlak met maximale dieptes tot ca. -31 m TAW (dit tussen Rabs- en Thorntonbank). Het zuidwestelijk (ZW) gedeelte is een noordoostelijke (NO) uitloper van de Goote Bank en bestaat uit zandduinen met een golflengte van 200-300 m en een amplitude van maximaal 3 m. De duinen vertonen een NW-ZO strekking en hebben hun steile kant naar het NO gericht. Hierop worden nog kleinere duinstructuren aangetroffen. Het noordoostelijk deel van het concessiegebied omvat een klein stuk van de Thorntonbank en de zuidwestelijke uitloper van de Rabsbank. De amplitudes van de zandduinen lopen op tot 5 m, maar de golflengte van de zandduinen is zeker niet groter dan op de Goote Bank: 100-300 m. Strecking is WNW-OZO, zeker tegen de noordelijke grens van het concessiegebied aan. De hoogst gemeten duintop op de Rabsbank bereikt het peil -14,76 m TAW.

Kaart 4.1.2 toont de bathymetrische resultaten van de MBES in schaduwreliëf en contouren. Uit diezelfde data werden eveneens pseudo 3D-reliëf-views gemaakt voor een betere visualisatie. Deze zijn voorgesteld in Kaart 4.1.3.

Kaart 4.1.2: Multibeam data – Bathymetrie data North Sea Power concessiezone (G-tech, 2010)

Kaart 4.1.3: Multibeam data – Pseudo 3D images (G-tech, 2010)

4.1.1.3.4 *Aanvullende detailinfo betreffende de Thorntonbank*

In het kader van de monitoring voor het C-Power windpark werd door het BMM een numerieke modellering uitgevoerd van hydrodynamica en sedimenttransport ter hoogte van de Thorntonbank (BMM, 2006b). Gezien de ligging van de Thorntonbank in het noordelijk deel van het concessiegebied, is het nuttig om deze recente resultaten mee te geven.

Voor de informatie over stromingskarakteristieken wordt verwezen naar het hoofdstuk Water. Het sedimenttransport (van zand over de bodem) wordt bepaald door de bodemschuifspanningen, meer specifiek door het verschil tussen de heersende en de kritische bodemschuifspanning. De kritische bodemschuifspanning – de waarde waarbij erosie begint op te treden - ligt, afhankelijk van het type sediment, ongeveer rond 0,5 Pa. Het blijkt dat de bodemschuifspanning voornamelijk bepaald wordt door de waterdiepte. De gemiddelde bodemschuifspanning varieert van 0,5 Pa in de diepere gebieden (vaargeulen) tot 1,4 Pa op de Thorntonbank. De maximale bodemschuifspanning blijft in de vaargeulen beperkt tot 2 Pa, maar loopt op de bank op tot 6,5 Pa. Wellicht is dit laatste cijfer zelfs nog een onderschatting.

Het sedimenttransport resulteert in een beperkte depositie over bijna de gehele bank. Het sedimenttransport is rond de zandbank in tegenuurwijzerszin gericht. In de geul ten zuiden van de bank is het transport in de richting van de vloedstroom en naar het noordoosten gericht. Aan de zacht geleidelijke noordzijde van de bank is het sedimenttransport naar het zuiden, naar de top van de bank gericht.

Dit is dus ten dele in tegenstelling met eerdere bevindingen uit een 2D-model (Van Lancker *et al.*, 2004) waarnaar gerefereerd werd in (Ecolas, 2004). Daar werd vermeld dat erosie voornamelijk optreedt aan de westelijke zijde van de banken en depositie aan de oostelijke zijde.

Er blijkt weinig verschil op te treden tussen het sedimenttransport zonder of met meteorologische invloeden en/of golven (BMM, 2006b).

De volgende jaren zal op de Thorntonbank, in het kader van de monitoring voor het windpark, door de bathymetrische opnamen een vergelijking kunnen gemaakt worden tussen de modelresultaten en de fysische terreinmetingen.

4.1.1.4 Geologie

4.1.1.4.1 Tertiair substraat

Het Tertiair en het Quartair op het Belgisch Continentaal Plat (BCP) werden in eerste instantie gekarteerd door Bastin (1974) en De Batist (1989).

De Batist & Henriët (1995) karteerden het afgedekt tertiaire substraat in het studiegebied.

Kaart 4.1.4 en

Kaart 4.1.5 tonen de kaart met het seismisch opgenomen tertiair patroon vóór de Belgische kust en de relatie met on-shore geologische lagen. De locaties waar het quartair dek dunner is dan 2,5 m worden voorgesteld door gearceerde zones (Kaart 4.1.4). Deze zones zijn van belang gezien ook tertiaire sedimenten dagzomen in het overgrote deel van het geulensysteem op het Belgische Deel van de Noordzee (BDNZ) en dus eveneens in suspensie kunnen gebracht worden door eroderende processen of door antropogene activiteiten zoals uitgraving, aanleggen kabels...

Het afgedekte tertiair substraat van het westelijk deel van het BDNZ is de Formatie van Kortrijk (Y), terwijl het oostelijk gedeelte op de jongere dagzomende leden van de Formaties van Tielt, Aalter en Maldegem gesitueerd is (Kaart 4.1.5).

Ter hoogte van het concessiegebied bestaat het afgedekte Tertiair substraat uitsluitend uit de verschillende leden behorend tot de Formatie van Maldegem. Het is een afwisseling van zandhoudende en kleihoudende lagen die met een helling van max. 1° naar het NNO afhellen. Ze ontsluiten in een WNW-ONO richting wat duidelijk zichtbaar is in Kaart 4.1.4. Gedurende de zomer van 2010 liet Norther NV een reflectie-seismische survey (Survey Bottom Profiling) uitvoeren (G-tech) met een SIG 800 Hz-sparker om meer inzicht te krijgen in het verloop en de dikte van de respectievelijke tertiair-lithologische eenheden. Daarbij werd een penetratiediepte bereikt van ca. 90 m met een onderscheidend vermogen van maximaal 0,5 m. Bij de survey werden enkel lagen uit de Formatie van Maldegem en de onderliggende Formatie van Aalter gedetecteerd. De survey is samengevat in een drietal profielen (Kaart 4.1.6): een 2-tal korte ZO-NW lopende profielen, respectievelijk in het ZW (ca. 4 km -3500cross) en NO (ca. 5 km - +4500cross) van het concessiegebied.

Deze profielen zijn voorgesteld in Kaart 4.1.7 en Kaart 4.1.8. Het ZW-NO lopende profiel (ca. 10 km - - 2250long) dat de ZW-NO langsrichting doorloopt van het concessiegebied is voorgesteld in Kaart 4.1.9.

Een beschrijving van de lithologische samenstelling van de respectievelijke geologische eenheden en de reflectorenbegrenzing is weergegeven in Tabel 7.2.1. Algemeen bestaat de Formatie van Maldegem (B1) uit mariene sedimenten, die vooral stijve klei en kleihoudende zandlagen omvat. De Formatie van Aalter (L1) – die plaatselijk enkel vanaf een minimum diepte van 20 m onder de zeebodem wordt aangetroffen (uiterste ZW) – werd meer in een kustomgeving afgezet en bestaat uit fijne, soms kleihoudende zanden. Deze sedimentologische karakteristieken werden ondermeer duidelijk door recenter onderzoek verricht door Le Bot *et al.* (2003).

Concreet gezien ontsluiten in NW-ZO gerichte stroken een afwisseling van klei en al dan niet kleihoudende zandlagen. Op plaatsen waar ze niet door quartaire sedimenten bedekt zijn vormen ze de lithologische samenstelling van de zeebodem (zie verder).

Tabel 4.1.1 : Geologische eenheden aanwezig in het concessiegebied (Le Bot, 2003) met waarschijnlijke seismologische interpretatie (G-tec, 2010)

Formatie	Leden	Lithologie	Reflector (interpretatie: G-tec)
Maldegem (Ma)	Onderdijke	Stijve, zware klei met soms silt en zandaanrijking	
	Buisputten	Fijn tot middelmatig glauconiethoudend zand	Hoogstwaarschijnlijk tussen R1 en R2
	Zomergem	Blauwgroene klei met sterke bio-turbaties	
	Onderdale	Matig kleihoudend zand	Hoogstwaarschijnlijk tussen R3 en R4
	Ursel	Blauwgrijze, massieve klei met bioturbaties	
	Asse	Kleihoudend zand tot zandhoudende klei (bioturbaties)	
	Wemmel	Licht kleihoudend, glauconiethoudend fijn zand	
Aalter (Aa)	Oedelem	Stijve kleilaag met silt-/zandhoudende gedeeltes	Onder R7

Kaart 4.1.4: Afdedekt patroon van de paleogene offshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriët, 1995)

Kaart 4.1.5: Afdedekt patroon van de paleogene offshore en onshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriët, 1995)

Kaart 4.1.6: Ligging 3 reflectie-seismische profielen (800 Hz sparker – zomer 2010) in concessiegebied (G-tec, 2010)

Kaart 4.1.7: Seismisch profiel -3500cross (G-tec, 2010)

Kaart 4.1.8: Seismisch profiel +4500cross (G-tec, 2010)

Kaart 4.1.9: Seismisch profiel -2250long (G-tec, 2010)

4.1.1.4.2 Quartair dek - Algemeen

Geologisch onderzoek naar de bouw en structuur van het quartair dek werd vooral uitgevoerd vanaf het midden van de jaren '80 en dit vooral in het westelijke gedeelte van de Vlaamse Banken (De Maeyer *et al.*, 1985; Wartel, 1989).

Op de zandbanken kan de quartaire deklaag oplopen tot 20 m dikte. In de geulen is het quartair soms sterk gereduceerd. De sedimentologische samenstelling van de quartaire afzettingen is zeer heterogeen en varieert van klei tot en met grind met occasionele schelpenbanken (0,1 - 1 m dikte). Het hoofdbestanddeel is echter zand. Grind wordt vooral aangetroffen in het zuidelijke gedeelte van de Hinderbanken. Hoe dan ook, enkel de bovenste lagen (7 m) zijn van belang met betrekking tot de vigerende hydrodynamische regimes (Trentesaux *et al.*, 1993; Berne *et al.*, 1994; Trentesaux *et al.*, 1999).

De heterogeniteit van de quartaire sedimenten geldt zowel verticaal als lateraal. In de geulen aan de voet van de bank valt de dikte terug tot minder dan 0,5 m.

4.1.1.4.3 *Quartair dek - Concessiegebied*

Een echt reflectieseismisch onderscheid tussen Quartair dek en Tertiair substraat wordt aangetroffen onder de Rabsbank. Op andere plaatsen is het Quartair dek dermate dun (max. 0,5 m dikte) dat een onderscheid tussen de zeebodem en de Q-T grens problematisch wordt op de seismische profielen.

Kaart 4.1.10 toont de isopachen van het Quartair dek ter hoogte van de Rabsbank. In het uiterste noorden is nog een stukje van de Thorntonbank weergegeven. Als ondergrens werd de contour van 2,5 m aangehouden, zodat de uitloper van de Goote Bank niet in de weergave opgenomen werd. Hier is de dikte van het Quartair dek geringer dan 2,5 m.

[Kaart 4.1.10: Isopachen \(lijnen gelijke dikte\) van het Quartair dek ter hoogte van de Rabsbank \(G-tech, 2010\)](#)

Uit de sparkerprofielen kon geen interne structuur van het Quartair dek afgeleid worden. De Thorntonbank – die overigens de meest complexe structuur kent van alle Vlaamse zandbanken – wordt enkel als een kleine uitloper in het uiterste noorden van het concessiegebied aangetroffen. De Goote Bank is reeds gekend als een dunne Quartaire duinbedekking zonder interne structuur.

Wegens het gebrek aan boorgegevens kunnen reële sedimentologische eigenschappen ter hoogte van het concessiegebied niet ingeschat worden. De best beschikbare metingen die hierin een inzicht geven zijn akoestische back-scattermetingen van de Thorntonbank uitgevoerd door het Zandwinningsfonds van de Federale Overheidsdienst Economie, KMO Middenstand en Energie (Degrendele *et al.*, 2003). Kaart 4.1.11 geeft de kaart weer met een fotografische opname van de sedimenten. Samengevat kan uit de kaart afgeleid worden dat de duinstructuren in de Rabsbank hoofdzakelijk bestaan uit grind-/schelphoudend zand, afgewisseld met homogene fijne zanden. In de vlakke zones overwegen klastische grindafzettingen in een zandhoudende of siltige matrix. Grindvelden kunnen voorkomen (het materiaal is afkomstig van een oude Maasdelta).

[Kaart 4.1.11 : BS-kaart Thorntonbank met sedimentprognoses \(Degrendele *et al.*, 2003\)](#)

4.1.1.5 *Granulometrie van het sediment*

Volgens de BUDGET-projectinformatie van 2001 bestaat het centrale deel van de Goote Bank uit middelmatig zand met een korreldiameter variërend van 250 tot 300 μ (Lanckneus *et al.*, 2001). Ten noorden van de bank komt een beperkte zone voor met een fijner materiaal: 125-250 μ . De ge-update info van 2007 van MAREBASSE die beschikbaar is onder de vorm van thematische kaarten toont dat de noordoostelijke

uitloper van de Gootebank in het concessiegebied vnl. bestaat uit een dunne laag grind en fijn zand bovenop een sterk kleihoudend tertiair substraat.

Op de bankgedeeltes is de mediane korrelgrootte 250-300 µm.

4.1.1.6 Kwaliteit van het sediment

Een systematisch onderzoek op zware metalen op het Belgische Deel van de Noordzee (BDNZ) wordt beschreven door het Laboratorium voor Analytische en Milieuchemie van de Vrije Universiteit Brussel (Anonymus, 2003). Dit geschiedde in opdracht van de FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie (Bestuur Kwaliteit en Veiligheid). Van een 18-tal campagnes op een 18-tal stations, waaronder de oude baggerstortplaats S1 op de Sierra Ventana, werden ondermeer een aantal zware metalen gemeten.

De stations zijn gelokaliseerd op de volgende locaties:

- Stroomop- en afwaarts van de Kwintebank (t.a.v. richting residuele stroming);
- Kwintebank;
- Thorntonbank;
- Hinderbank;
- Sierra Ventana.

Gezien de nabije ligging (zelfs minimale overlap), de gelijkaardige granulometrische samenstelling met de Rabsbank en de situering in hetzelfde getijdestromingspatroon kan verwacht worden dat de chemische milieukwaliteit voor de Rabsbank vergelijkbaar is met deze van de Thorntonbank. De streefwaarden (zie ook Tabel 4.1.2) worden voor geen enkel bemeten zwaar metaal overschreden. De trend die waargenomen wordt, is een graduele vermindering van de gehalten aan zware metalen van oost naar west en verder van de kust weg (in noordelijke richting).

Op basis van de data uit de BMDC databank (BMM, 2011) stelt men vast dat, voor alle opgenomen waarden voor open zee, voor zware metalen maximale waarden worden vastgesteld tussen streefwaarde en grenswaarde en voor TBT maximale waarden hoger dan de grenswaarde. Voor TBT worden hogere waarden vastgesteld in de buurt van havens. In elk geval liggen de meeste waarden, zowel voor zware metalen als voor TBT, onder de streefwaarden.

Voor het concessiegebied, omschreven door de decimale coördinaten N 52.58 / E 2.93 (top left) en N 51.49 / E 3.09 (down right) werden in de BMDC-databank een 22-tal sedimentstalen aangetroffen die één of meerdere van deze parameters bevatten. Op één staal werd een Cd-gehalte aangetroffen dat die van de Thorntonbank overschreed (1.95 ppm tegenover 0.7 ppm), maar nog niet uitsteeg boven de streefwaarde (= 2.5 ppm). Dit staal bevindt zich op de uiterste Z-grens van het concessiegebied op de Goote Bank. Alle andere parameters bleven onder de maximale waarden, aangetroffen op de Thorntonbank. De datatabel met de kwaliteitsgegevens van de 22 stalen en de kaart ervan is opgenomen in Tabel 4.1.2.

Tabel 4.1.2 : Maximale waarden sedimentkwaliteit (BMM, 2011) en sedimentkwaliteitscriteria (OSPAR, 1998)

Parameter	Maximale waarden (BMDC-databank)	Sedimentscriteria (SQC's)	
		Streefwaarde	Grenswaarde
Hg	0,28 ppm	0,3 ppm	1,5 ppm

Cd	0,7 ppm	2,5 ppm	7 ppm
Pb	273 ppm	70 ppm	350 ppm
Zn	446 ppm	160 ppm	500 ppm
Ni	74 ppm	70 ppm	280 ppm
As	36 ppm	20 ppm	100 ppm
Cr	146 ppm	60 ppm	220 ppm
Cu	95 ppm	20 ppm	100 ppm
TBT	40 ppb	3 ppb	7 ppb
Minerale olie		14 mg/goc	36 mg/goc
PAK's		70 µg/goc	180 µg/goc
PCB's		2 µg/goc	2 µg/goc

4.1.2 Autonome ontwikkeling

Zoals vermeld in paragraaf 4.1.1.3.2 blijkt de stabiliteit van de Vlaamse banken in het algemeen groot te zijn. De ligging van de banken in hun geheel werd over het algemeen niet gewijzigd gedurende de laatste decennia. Voor de autonome ontwikkeling in het concessiegebied kan verondersteld worden dat deze in de loop van de volgende decennia weinig wijzigingen zou ondergaan.

Door de klimaatsverandering zullen veranderingen optreden in de stromingskarakteristieken en in de morfologie van het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ). Zelfs binnen de termijn van de exploitatie zullen al veranderingen merkbaar zijn. Naast veranderingen in de algemene gemiddelde waarden van bijvoorbeeld zeespiegel, temperatuur, etc., wordt er een toename verwacht in de extreme klimaatsgebeurtenissen. Zo zal een toename van extreme stormen zeer zeker een invloed hebben op de sedimentdynamiek aangezien sedimenttransport in grote mate plaatsvindt tijdens extreme hydraulische condities.

Op dit moment heerst er nog veel onzekerheid over de kwantificering van de invloeden van klimaatsverandering op het mariene milieu, zeker op de schaalgrootte van het BDNZ. Bovendien zijn de effecten geïnduceerd door klimaatsverandering niet altijd te scheiden van effecten tengevolge van andere menselijke invloeden. Daarom werden door het Federaal Wetenschapsbeleid een aantal onderzoeksprojecten opgestart (Climar, Quest4D, Amore III) die tegen 2011 een antwoord zullen bieden op de invloed van de klimaatsverandering op onder meer stromingskarakteristieken, sedimenttransport, temperatuur, nutriëntenbalans en ecologie ter hoogte van het BDNZ.

Er zijn geen andere mariene activiteiten (windparken op andere banken, zandwinning, transport, dumpen van baggerspecie...) op het BDNZ waarvan een effect in de toekomst kan verwacht worden in het concessiegebied en het windpark dat daar zou gebouwd worden. In bijzonder kan voor de bouw en exploitatie van het C-Power windpark op de Thorntonbank en van het Belwind windpark op de Bligh Bank gesteld worden dat:

- De bouw en exploitatie geen invloed zal veroorzaken op de bodemgesteldheid in het concessiegebied.
- Ook van het gedumpte uitgegraven zand op de Thorntonbank en de Bligh Bank geen effecten zullen optreden naar het concessiegebied. Het gedumpte zand wordt lokaal verwerkt en verspreid in het

natuurlijke zandgolvenpatroon dat op de Thorntonbank of de Bligh Bank bestaat. Initieel wordt het gedumpte zandlichaam verlengd in de getijde stromingsrichting (Roos, 2004).

4.1.3 Effecten

De beschreven effecten zijn algemeen geldig voor de verschillende Norther configuratiealternatieven en de gedefinieerde basisscenario's. Indien relevant, werd voor bepaalde effecten een duidelijk onderscheid gemaakt per configuratiealternatief of per basisscenario.

4.1.3.1 Constructiefase

4.1.3.1.1 Invloed op de geologie

Aanleg funderingen

A. Configuratiealternatieven Norther: Monopile (conf 1) en jacket fundering (conf 2 & 3a)

Bij het funderingstype 'monopile' wordt enkel zeebodemmateriaal verwijderd op de zandgolven van de Rabsbank en dan nog enkel in geval er een erosiebescherming aangebracht wordt van het type 'statische scour'. Per monopile komt dit neer op een geschatte uitgraving van ca. 3000 m³ zand. Dit impliceert een uitgraving over een oppervlak van 80 bij 50 m tot een diepte van ca. 0,75 m onder de zeebodem. Dit is het zogenaamd Reference Sea Bed Level (RSBL) of het stabiel geachte uitgravingspeil. Dit geldt voor maximum 15 windturbine locaties, met name deze die op zandbanken of uitlopers ervan geplaatst worden. Het volume dat gestockeerd dient te worden, wordt na dumpings- en baggerverliezen, geschat op nagenoeg 23.000 m³. Het gedumpte zand neemt – inclusief bagger- en dumpingsverliezen – ca. 0,9 ha zeebodem in beslag. Dit heeft een aantal (potentiële) afgeleide effecten naar benthos en turbiditeit (SPM) (zie verder).

Verder is het enige effect dat de geologische lagen tot een diepte van 40 m (monopile) en eveneens ca. 40 m (jacket fundering) in de onmiddellijke omgeving van de paal gecompacteerd (verdicht) worden. Gezien het Quartair dek nergens dikker is dan 15 m zal elke geheide paal eindigen in het Tertiair substraat, meer bepaald in een klei-, zand- of kleihoudende zandlaag van de Formatie van Maldegem (Ma).

Dit effect wordt als niet significant beoordeeld.

B. Configuratiealternatieven Norther: Gravitaire fundering (conf 3b)

Bij het uitgraven van de funderingsputten wordt een deel van het oorspronkelijke voorkomende bodemmateriaal weggehaald. Het gaat in principe enkel om een relatief korte verplaatsing van het vrijkomende materiaal. Bij het toepassen van grondverbeteringstechnieken wordt de fysische aard van het geologische materiaal definitief gewijzigd.

Dit effect wordt beoordeeld als zijnde verwaarloosbaar (0/-).

C. Basisscenario

Het basisscenario omvat de referentiesituatie in het North Sea Power concessiegebied inclusief de 6 gravitaire funderingen (GFB-turbines) in de C-Power concessie (Thorntonbank) en de 55 monopile turbines (MP) op de Belwind-concessie.

In analogie met bovenstaande redenering, wordt dit effect als niet significant beoordeeld.

Aanleg kabels

In de eerste doorkruiste zone vanaf het concessiegebied, ca. 3 km in ZO richting, bereiken de quartaire deklagen maar een dikte van max. 2,5 m (Kaart 4.1.4). Het trekken van een sleuf wordt technisch uitgevoerd ofwel door ploegen, ofwel door 'jetting' (via hoge drukstraal). De kans is reëel dat hier tertiaire lagen doorsneden worden. In dit geval kan de voorgeschreven diepte soms niet gehaald worden. In tertiaire klei werd de aanleg van de kabel vanaf de Thorntonbank beperkt tot een diepte van 1 m. Doorgaans zijn tertiaire lagen meer gecompacteerd en bevatten ze meer kleihorizonten dan de quartaire deklagen die ze bedekken. Bij het doorkruisen van dergelijke zones kan tijdelijk een hogere turbiditeit in het water ontstaan (zie discipline 'Water').

Dit effect wordt als verwaarloosbaar beoordeeld (0/-).

De aard en significantie van de invloed op de geologie zijn volledig gelijkaardig (niet-significant) voor de verschillende configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark.

4.1.3.1.2 *Invloed op het globale sedimenttransport, sedimentologie & morfologie*

Aanleg funderingen

A. Configuratiealternatieven Norther: Monopile (conf 1) en jacket fundering (conf 2 & 3a)

Zie verder bij 'vergelijking zandbalans'. Dit effect wordt als verwaarloosbaar beoordeeld (0/-).

B. Configuratiealternatieven Norther: Gravitaire fundering (conf 3b)

Per windturbine wordt ca. 100.000 m³ zand uitgegraven, waarvan ongeveer 20.000 m³ zal worden hergebruikt voor heraanvulling van de funderingsput en voor het opvullen van de gravitaire fundering (netto 45.000 m³). De rest wordt beschouwd als dumpings- en baggerverlies (totale verlies is zelfs groter). Hiervan bestaat ongeveer 25-30 % uit zandlagen en de overige 70-75 % uit materiaal dat voor het overgrote deel bestaat uit tertiaire klei en kleihoudend zand, waarschijnlijk algemeen vermengd met een grindfractie (Maasgrind). Voor het aanwenden van het zandoverschot wordt voorgesteld:

- Ofwel dit zand-/kleioverschot te stockeren binnen het concessiegebied;
- Ofwel dit zand/klei commercieel aan te wenden; in dit geval kan men besluiten dat de impact op de morfologie gering zal zijn (slechts 45.000 m³ overschot). Bovendien kan – indien de commerciële aanwending betekent dat er minder zand gewonnen wordt op een andere locatie – de globale impact van alle mariene activiteiten op de natuurlijke morfologie van de Noordzee verminderd worden.

Beide puntjes vereisen enige toelichting :

- Bij de monitoring van de milieu-impacten door de aanleg van 6 gravitaire funderingen op de Thorntonbank bleek dat per turbine bijna 100.000 m³ uitgegraven werd, maar dat finaal geëindigd werd met een zandtekort. Circa 55.000 m³ werd wel effectief gestockeerd met afgeleide effecten naar benthos en turbiditeit, maar uiteindelijk evolueerde de zandhopen naar depressies door natuurlijke erosie. De uitgegraven putten blijken echter wel stabiel (Van Den Eynde *et al.*, 2010).
- In tegenstelling tot de Thorntonbank worden voor het North Sea Power windpark ca. 35-40 turbines gefundeerd in tertiaire klei bedekt met een minimale hoeveelheid maasgrind en zand. Dit betekent het uitgraven en in deponie zetten van tertiaire klei en sterk kleihoudend zand met waarschijnlijk significante gevolgen voor de turbiditeit.

Vergelijking van de zandbalans bij stockage met natuurlijk getransporteerde volumes, zandwinning en baggervolumes

Noot: Voor de kwantitatieve gegevens en de volumeberekeningen wordt uitgegaan van een totale hoeveelheid 'specie', zonder in te gaan op een zand/klei-verdeling.

A. Configuratiealternatieven Norther

Het zand moet gestockeerd worden binnen het concessiegebied. In Tabel 4.1.3 worden voor de diverse Norther configuratiealternatieven, een aantal kwantitatieve gegevens vermeld voor wat betreft de geschatte oppervlakte-inname van de zanddeposities (stockage).

Tabel 4.1.3 : Gegevens zandbalans en stockage-oppervlakten voor de Norther configuratiealternatieven

Oppervlakte inname (m ²)	Configuratie 1 (86 MP * 3 MW)	Configuratie 2 (74 JF * 6,15 MW)	Configuratie 3a (47 JF * 10 MW)	Configuratie 3b (47 GBF * 10 MW)
Stockage - 1 m	26.500	-	-	3.378.000
Stockage - 5 m	8.550	-	-	867.000

Mocht het te stockeren zand gelijkmatig verdeeld worden over de volledige oppervlakte van het concessiegebied, dan zou dit verspreid worden met een laagdikte – afhankelijk van de definitie van het concessiegebied (met of zonder bufferzone van 500 m) variëren tussen 5 en 7 cm, enkel voor het worst case scenario (configuratie 3b) met de gravitaire funderingen. In configuratie 1 is die uitgespreide, berekende diktes te verwaarlozen.

In de praktijk zal een dergelijke gelijkmatige verdeling niet uitgevoerd worden, maar ten titel van vergelijking met natuurlijke transportvolumes wordt dit meegegeven.

B. Basisscenario

Tabel 4.1.4 vat de gegevens qua oppervlakte-inname samen voor het basisscenario, dit zijn respectievelijk de twee relevante Norther configuraties inclusief de bestaande situatie voor het Belwind windpark, bestaande uit 55 monopiles en de 6 geplaatste gravitaire funderingen van het C-Power windpark. Onder de

twee relevante Norther configuraties wordt begrepen, de opstelling met de meeste turbines namelijk configuratie 1 (86 MP * 3MW) en deze met de grootste turbines, zijnde configuratie 3b (47 GBF * 10 MW).

Tabel 4.1.4 : Gegevens zandbalans en stockage-oppervlakten voor de basisscenario's

Oppervlakte inname (m ²)	Basisscenario (incl. Conf. 1 - 86 MP * 3 MW)	Basisscenario (incl. Conf. 3b - 47 GBF * 10 MW)
Stockage - 1 m	161.700	3.520.000
Stockage - 5 m	42.550	900.300

Theoretisch verrekend over het volledige oppervlak van de drie concessies (= 97,8 km²) neemt de volledige hoeveelheid specie bij gelijkmatige spreiding in het worst case scenario (incl. conf. 3b) een dikte in van maximum 4 cm.

Op de Thorntonbank (BMM, 2006b) blijken - uit een modellering - natuurlijke variaties in bodemdiepte op te treden tussen 0,3 en 3,5 cm op jaarbasis. Ter vergelijking, op de Bligh Bank (Di Marcantonio *et al.*, 2007) blijkt uit modellering door erosie en sedimentatie verschillen van enkele centimeters op te treden in een periode van 2 maanden.

De geëxtrapoleerde zandhoeveelheden nemen dus diktes in van maximaal dezelfde orde van grootte. Het effect op het niveau van het concessiegebied is gering (0/-) tot matig negatief (-).

Ter vergelijking, op het BDNZ is er de voorbije jaren ongeveer een jaarlijks volume van 1.900.000 m³ aan zand- en grindextractie voor commercieel gebruik geweest, verspreid over een aantal locaties, alsook ongeveer 16 miljoen m³ gebaggerd en terug in zee gedumpt op de voorziene stortplaatsen.

Optimale locatie, oppervlakte en hoogte van de stockage

Het zandoverschot moet gestockeerd worden op een locatie zodat de globale morfodynamiek van het gebied zo minimaal mogelijk wordt gewijzigd. Er wordt vanuit gegaan dat stockage binnen het concessiegebied wordt uitgevoerd.

Het bepalen van de optimale locatie(s) voor stockage van het zandoverschot is omwille van onvoldoende kennis over de dynamiek van het sediment niet eenduidig uit te voeren. (BMM, 2006b) vermeldt voor de Thorntonbank dat het natuurlijke transport steeds in de richting van de bank plaatsvindt. Indien we dit extrapoleren naar het concessiegebied met een gedeelte van de Rabsbank en een oostelijke uitloper van de Goote Bank (die gelijkaardig georiënteerd zijn en vrij dicht bij de Thorntonbank liggen), is het alvast positief dat, waar het zand ook gestockeerd wordt op deze banken, het langetermijn stabiel karakter ervan niet in het gedrang komt, noch dat mag verwacht worden dat het merendeel van het gestockeerde zand in de geulen terechtkomt. Dit moet misschien genuanceerd worden voor de Goote Bank omdat het hier enkel een uitloper betreft dat voor het overgrote deel bestaat uit grofkorrelige sedimenten (grind). Ook voor de Bligh Bank (Di Marcantonio *et al.*, 2007) treedt er in essentie een erosie- en sedimentatiepatroon (weliswaar in wijzerzin) in een ellipsvormige beweging rondom de bank. In die optiek zou de precieze keuze voor de stockage-locaties binnen het concessiegebied minder precair zijn.

Voor het C-Power windpark werd in (BMM, 2006a) - ter duiding - voorgesteld om te werken met een maximale hoogte van de stockage van 5 m (een afmeting van dezelfde grootteorde als natuurlijke

megaribbels zodat de oppervlakte waarbinnen het benthos verstoord wordt, minimaal is). Voor het Belwind windpark (Di Marcantonio *et al.*, 2007) wordt eveneens gesuggereerd om de stockagehoogte te kiezen tussen 2 en 7 m. Op die manier wordt een zo klein mogelijke oppervlakte gebruikt voor het storten van het zand en wordt anderzijds een hoogte gebruikt die gelijkaardig is met de grootte van de zandgolven in het gebied. Verder wordt gesuggereerd om de zandhopen zo te plaatsen dat ze eventueel door het natuurlijk transport terug in de richting van de putten worden gevoerd. Om dit na te gaan is echter bijkomende sedimenttransportmodellering nodig of kunnen eventueel resultaten van de monitoring in een 1e fase gebruikt worden voor de stockagelocatie in latere fasen. Tenslotte wordt vermeld dat het nodig kan zijn bij ontmanteling de gestockeerde zandhopen – indien deze stabiel blijken op lange termijn – terug te gaan winnen en terug te storten ter hoogte van de ontmantelde windturbines.

Uit het meest recente monitoringsrapport voor de Thorntonbank blijkt die stabiliteit dus een te optimistische aanname. Van den Eynde *et al.* (2010) constateerden dat een tussentijdse stock van ca. 578.000 m³ natuurlijk erodeerde tot 400.000 m³. Nadien werd uit die locatie nog eens 868.000 m³ weggebaggerd om tot een aan- en invullingshoeveelheid te komen van ca. 588.000 m³. Het deficit liet een put na die – in tegenstelling tot de deponie (stockage) – wel stabiel bleek te zijn gedurende een monitoringperiode van 8 maand (oktober '08 - juni '09). Een dergelijke stabiliteit van zandputten werd ook aangetoond na zandextractie op de Kwintebank (Degrendele *et al.*, 2003) en in nog een aantal andere projecten.

Een optie is om in het kader van een zo egale mogelijke spreiding, en dus optimaal morfologisch herstel, van het zand per turbine (45.000 m³) ter plaatse te stockeren. (BMM, 2006a) vermeldt dat de stabiliteit van putten, maar ook van kunstmatige zandhopen relatief groot is. Dit staat schijnbaar in tegenstelling tot het recente onderzoek bij de Thorntonbank, maar mogelijks spelen de stockage dimensies een belangrijke rol. Recent onderzoek (Tonnon *et al.*, 2007) toont aan dat een artificiële zandophoging – bij deze gevalstudie gecreëerd tussen 1982 en 1986 door het stockeren van 3,5 miljoen m³ zand met 200 µm < d50 < 500 µm in de buurt van de haven van Rotterdam – over een periode van twintig jaar is blijven bestaan en langzaam (100 m in 15 jaar) in noordelijke richting migreert. Modelleringsresultaten tonen hierbij aan dat er een aangroei is op het moment dat het bodemtransport domineert en er een afkalving is bij overheersen van het suspensietransport (sterkere stroming). Bij extrapolatie van deze gegevens naar diepere locaties (meer off-shore) moet men er bovendien voor beducht zijn dat de netto transportsnelheden kleiner zullen zijn en het effect van de golven relatief kleiner is. Het lijkt bovendien logisch om de stockage-locatie zo dicht mogelijk bij elke funderingsput, zodat enerzijds de stockage-kost geminimaliseerd wordt, maar anderzijds het gestockeerde zand een optimale kans heeft om op natuurlijke wijze de morfologie ter hoogte van elke funderingsput te herstellen. Zeker nu verwacht zal worden dat de natuurlijke erosie een kleine 10 % zal bedragen (naast bagger- en dumpingsverliezen die daar bovenop nog eens 30 % bedragen) - zie hoger Van den Eynde, *et al.* 2010 – moet aan de ligging en oriëntatie van de zandhopen aandacht besteed worden.

Het hanteren van een laagdikte tussen 2-5 m is een praktisch en realistisch compromis.

De stortlocatie wordt best zo dicht mogelijk bij de te installeren windturbines gekozen en ten ZW van de windturbines, zodat het gestockeerde zand via de overheersende vloedstromingen in NO richting de kans krijgt zich te verspreiden over het concessiegebied alvorens verder getransporteerd te worden. De optie om te stockeren per turbine wordt – ondanks een relatief grotere oppervlakte-inname – zowel vanuit

morfologisch oogpunt (snellere verspreiding vanuit kleine hopen zand) als vanuit werk-technisch oogpunt (korte afstand tussen bagger- en losplaats) niet afgeschreven.

Aanleg kabels

Bij de aanleg van de kabels (1 m diep binnen het park, 2 m diep voor de exportkabel naar land) wordt het aanwezige zand (eventueel slibhoudend dicht bij de kust) verwijderd door 'ploegen', ofwel uitgespoten door middel van een jetting-mechanisme. Er bestaan ook reeds systemen die jetting en ploegen combineren.

Er wordt verder verwezen naar de discipline 'Water' voor wat betreft de turbiditeit. BMM suggereert in de MEB voor het Belwind windpark om de 150 kV kabels ten minste op een diepte van 2 m in te graven (Di Marcantonio *et al.*, 2007). Bij jetting 'verweekt' de zeebodem tijdelijk door een op nul vallende korrelspanning (analoog met drijfzand) en kan de kabel wegzakken onder haar eigen gewicht. Enkel door opname in suspensie en transport op korte afstand is er een beperkte invloed op de morfologie van de zeebodem. De verplaatste volumes zijn functie van de korrelverdeling, heersende stromingen en diepte van de kabel, maar hebben alleszins geen grootteorde die de morfologie van het gebied enigszins kan beïnvloeden. BMM vermeldt dat sporen van jetting volgens literatuurbronnen (deels observatie, deels modellering) tot enkele tientallen dagen kunnen zichtbaar blijven (Di Marcantonio *et al.*, 2007).

Op het moment dat de kabel een vaargeul kruist, moet er gebaggerd worden (diepte kabel circa 4 m). De exacte aanlegdiepte zal ten gepaste tijde bepaald worden rekening houdend met de geldende regelgeving en tevens met eventuele te verwachten verdiepingen van de vaargeul. Hierdoor zal ook een beperkte hoeveelheid zand op een andere locatie gedeponneerd moeten worden. Door de beperkte afstanden en diepte is er ook hier slechts een gering negatieve impact op de morfodynamiek van het BDNZ en het projectgebied. BMM stelt in de MEB voor het Belwind windpark dat een diepte van 4 m ontoereikend kan zijn bij de kruising van vaarroutes (vaarroute 1 = aanloop tot Scheur), omdat het anker van een VLCC (very large crude carrier, indien schepen van deze tonnenmaat toegang verkrijgen bij de verdere uitdieping van de Schelde) zich bij een noodstop kan ingraven tot dieptes van meer dan 4 m (Di Marcantonio *et al.*, 2007). Verdere gedetailleerde technische studie dringt zich op om de exacte ingravingsdiepte bij dergelijke ankermanoeuvres te voorspellen.

Voor de heraanvulling van het kabeltracé in de vaargeul was voor het C-Power project ca. 200.000 m³ heraanvulling nodig. De herkomst hiervan is momenteel niet gekend, maar het wordt verwacht dat een vergelijkbare hoeveelheid zal nodig zijn bij het Norther-project.

4.1.3.1.3 Effecten op de bodemkwaliteit

De hypothetische kans op een accidentele lozing van verontreinigende stoffen in het water zal, gezien de heersende stromingscondities en het zandige karakter van de oppervlakkige bodemsedimenten geen aanleiding geven tot verontreiniging van de bodem.

Bij de aanleg van de erosiebescherming wordt enerzijds grind (kaliber 10-28 mm) gebruikt, anderzijds breuksteen (kaliber 50-500 mm). Bij het gebruik van geologisch zuivere materialen voor de erosiebescherming worden (vrijwel) geen effecten verwacht op de chemische bodemkwaliteit.

4.1.3.2 Exploitatiefase

4.1.3.2.1 *Invloed op de geologie*

Tijdens exploitatie is er geen enkele activiteit die aanleiding kan geven tot een effect op de geologie. Enkel tussentijdse bestorting met breukstenen op de erosiebeschermingsvlakken zal de hoeveelheid geologisch vreemd materiaal doen toenemen.

4.1.3.2.2 *Invloed op de globale morfodynamiek*

Windturbines

Hoewel er lokaal ter hoogte van de windturbines een verstoring zal optreden van het natuurlijke sedimenttransport (zie verder), zal dit amper enig effect hebben op de globale natuurlijke processen in het concessiegebied. Daarvoor is immers het effect van elke constructie – door de aanwezigheid van de erosiebescherming – te gering en de afstand tussen de windturbines te groot. Het effect van de windturbines op de globale morfodynamiek van het BDNZ wordt als verwaarloosbaar beschouwd (0/-) voor de verschillende configuratiealternatieven van Northen en voor de basisscenario's.

Bekabeling

De invloed van de kabels op de globale morfodynamiek is, gezien hun afmetingen en gezien de geringe kans dat de kabels aan het oppervlak komen te liggen, verwaarloosbaar. Zelfs bij occasionele blootstelling of zelfs bij het vormen van zogenaamde 'free spans', waarbij een kabel over een bepaalde afstand vrij van de bodem ligt tussen twee duintoppen, is het effect op de zeebodemmorphologie verwaarloosbaar (0/-).

4.1.3.2.3 *Lokale erosie door de constructies*

Windturbines

Lokale erosie door het optreden van een stromingsobstructie

In Ecolas (2003) wordt ingegaan op de stromingsfenomenen die aanleiding geven tot het vormen van een funderingsput. Een erosieput zal zeer snel gevormd worden met afmetingen die in essentie functie zijn van de stromingskarakteristieken, de korrelgrootte van de sedimenten en de vorm en afmetingen van de funderingen.

Uit de berekeningen die onder meer in (Ecolas, 2003) worden vermeld, is het duidelijk dat de lokale erosie bij een fundering zonder erosiebescherming zo groot zou zijn, dat het effect moet gemitigeerd worden en zelfs de stabiliteit van de gehele constructie op lange termijn zou kunnen ondermijnen.

Daarom wordt door de initiatiefnemer onmiddellijk erosiebescherming voorzien bij MP en GFB. Het spreekt voor zich dat de grotere afmetingen bij gravitaire funderingen een grotere erosiebescherming vereisen dan bij paalfunderingen.

Voorziene erosiebescherming per configuratiealternatief (~funderingstype)

Door de erosiebescherming worden erosiekuilen vermeden. Dergelijke erosiekuilen kunnen immers dimensies aannemen die de stabiliteit van de volledige windturbineconstructie in gevaar zouden brengen. Het aanbrengen van de erosiebescherming is dus een positieve maatregel voor de bodemstructuur en voor de bedrijfsvoering. Deze erosiebescherming vormt echter een heterogeniteit in de zandige bodem. Doordat de erosiebescherming qua niveau onder het oorspronkelijke niveau van de zeebodem wordt geplaatst, vormt de erosiebescherming geen verticale doorbreking van de bodemstructuur; er kan zelfs verwacht worden dat zand zich op natuurlijke wijze zal verplaatsen bovenop de erosiebescherming.

Voor configuratiealternatief 1 bestaande uit 86 monopiles, worden twee opties bestudeerd. Indien de erosiebescherming zo snel mogelijk na het plaatsen van de fundering aangebracht wordt, wordt dit een 'statische' erosiebescherming genoemd, zoals vermeld in Di Marcantonio *et al.* (2007). Indien toegelaten wordt dat er zich eerst een erosieput ontwikkelt in het geval van monopiles, die nadien opgevuld worden, dan spreekt men van een dynamische erosiebescherming ('dynamic scour').

Om erosie rond de monopile fundering (en bijgevolg gereduceerde stabiliteit en hogere belasting door stromingen) tegen te gaan, wordt rond elke monopile een erosiebescherming aangebracht met volgende dimensies:

- Diameter: ca. 28 m;
- Opbouw van de erosiebescherming in verschillende lagen bovenop de zeebodem; opbouw naar verwachting als volgt:
 - Grind: laagdikte ca. 100 cm; kaliber 4-32 kg (Dn50 = 50 mm);
 - Breuksteen: laagdikte ca. 100 cm; kaliber 15-300 kg (Dn50 = 540 mm).

Bij keuze voor de jacket fundering (configuratie 2) wordt door Norther momenteel geopteerd om geen erosiebescherming aan te leggen.

Bij keuze voor configuratie 3b, wordt rond elke gravitaire fundering een erosiebescherming aangebracht met volgende dimensies:

- Diameter: ca. 70 m;
- In eerste instantie wordt de put die is uitgebaggerd, terug aangevuld met uitgebaggerd zand tot aan het referentieniveau min 1,6 m;
- Daarboven wordt een specifieke erosiebeschermingsfilter met laagdikte ca. 1,75 m aangebracht in verschillende lagen:
 - Grind: laagdikte ca. 75 cm; kaliber 2-150 mm;
 - Breuksteen: laagdikte ca. 100 cm; kaliber 100-500 kg.

Controle van de voorgestelde erosiebescherming per funderingstype

Er bestaan theoretische formules voor het berekenen van de minimaal vereiste bescherming (men veronderstelt dat de minimaal vereiste bescherming dezelfde dimensies moet aannemen van een erosieput die zou ontstaan zonder bescherming), die in essentie allemaal functie zijn van een karakteristieke afmeting van de fundering (Ecolas NV, 2003). Voor de diverse funderingstypes betekent dit:

- Dimensies monopile: 4-7 m diameter;
- Dimensies multipode/jacket fundering: minstens 4 palen met diameter 2 - 4 m;
- Dimensies gravitaire fundering: karakteristieke diameter aan de voet van ongeveer 30-40 m.

De toepassing van dergelijke formules – hoewel het toepassingsgebied van de formules zich in feite niet uitstrekt tot gravitaire funderingen met een dergelijk grote dimensies - zou resulteren in een minimaal benodigde diameter van de erosiebescherming van:

- monopile: 15 m diameter;
- multipode/jacket fundering: 9 m diameter per paal;
- gravitaire fundering: 85 m diameter;

De dimensies van de voorgestelde erosiebeschermingen (enkel van toepassing voor de monopile en gravitaire fundering voor het North Sea Power windpark) zijn voor elk funderingstype ruim voldoende t.o.v. de hypothetische dimensies van een erosieput zonder bescherming.

De erosie zal zich verplaatsen naar de grenszone tussen de zeebodem en de erosiebescherming, in stroomafwaartse richting (secundaire erosie). Om de secundaire erosie te minimaliseren mogen het grind of de stenen best niet boven de omringende zeebodem uitsteken. De erosieput zal echter nooit de omvang krijgen van een erosieput die zou ontstaan zonder erosiebescherming. Indien wordt vastgesteld dat omwille van uitschuring van zand onder de stortlaag de stenen zettingen ondergaan, dienen de steenlagen aangevuld te worden.

Voor de windparken in het buitenland kon geen informatie teruggevonden worden over monitoring van de lokale erosiefenomenen. Het staat vast dat het erosiefenomeen vrij complex is (Di Marcantonio *et al.*, 2007) en dat bijkomend wetenschappelijk onderzoek over erosie rond gravitaire funderingen in mariene omstandigheden noodzakelijk is.

Monitoring Bligh Bank (Van den Eynde, 2010)

Bij de monitoring van de spontane ontwikkeling van erosieputten rond de monopiles van de Bligh Bank, werden putdieptes gemeten van 2 tot 6,5 m, wat iets minder is dan de fysisch modelmatig voorspelde 8,75 m diepte. Het betrof hier erosieputten in evenwicht bij monopiles met een diameter van ca. 5 m (den Boon *et al.*, 2004). De ontwikkeling van spontane erosieputten rondom funderingen is een snel proces. Secundaire erosie werd niet vastgesteld.

Aanvaardbaarheid voor het milieu

Het aanbrengen van de erosiebescherming is enerzijds noodzakelijk voor de stabiliteit van de constructie en mitigeert anderzijds de effecten op bodem van lokale erosie door de aanwezigheid van een constructie. Hoewel de erosiebescherming op zich een lokale heterogeniteit vormt t.o.v. de zandige zeebodem, is het aanbrengen van de erosiebescherming aanvaardbaar voor het milieu.

Bekabeling

De kabels worden voldoende diep gelegd (1 m in het park, 2 m voor de kabel naar land, tot 6 m in de vaargeulen) zodat de kans dat een kabel bloot komt te liggen, vrij gering is. Op plaatsen met tertiaire klei wordt de diepte eventueel beperkt tot 1 m, afhankelijk van de haalbaarheid. Schade aan kabels door ankers t.h.v. vaargeulen zal worden vermeden door het leggen van de kabel in de vaargeul op een gepaste diepte. Bovendien wordt het kabeltracé jaarlijks gemonitord om een eventueel vrijkomen van de kabel tegen te gaan. In (Di Marcantonio *et al.*, 2007) wordt een literatuurbron vermeld waarbij kabels bloot zouden komen te liggen na 6-18 jaar bij een kabeldiepte van 1,8 m door zandgolven die migreren aan een snelheid van 1-3 m per jaar. De voorgestelde jaarlijkse frequentie lijkt dus afdoende.

Een mogelijk effect door lokale erosie waarbij de kabels als obstructie op de zeebodem optreden, wordt daarom als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Hier bestaat één uitzondering op nl. het overkruisen van andere (pijp)leidingen (onderkruisen is technisch niet haalbaar). In dit geval bestaat de kans dat de geplande kabeldiepte niet gehaald wordt en dat door lokale erosie een ondiepe kabel bloot komt te liggen.

4.1.3.2.4 *Effecten op de bodemkwaliteit*

Net zoals bij de inrichtingsfase, is er geen enkele aanleiding dat de exploitatie zal leiden tot verontreiniging van de bodem (effect = 0).

4.1.3.3 *Ontmantelingsfase*

4.1.3.3.1 *Invloed op de geologie*

Verwijdering van de funderingen

Bij een monopile (conf 1) of jacket fundering (conf 2 & 3a) zullen geen bijkomende effecten op de geologische bouw van de betreffende bodempakketten optreden gezien betreffende funderingen deels blijven zitten.

Bij gravitaire funderingen (conf 3b) wordt alles weggehaald en blijft, per turbine, een put over. Ook hier zullen geen bijkomende effecten optreden ten opzichte van de constructie- en exploitatiefase.

Verwijdering van de erosiebescherming

De keuze over het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming (niet van toepassing voor configuratie 2 en 3a) zal op het einde van de exploitatie bepaald worden.

Het enige effect op de geologische bouw in de afbraakfase is het al dan niet weghalen van het erosiebeschermingsmateriaal. Bij het verwijderen ervan wordt de oorspronkelijke geologische bouw hersteld. Het laten zitten ervan creëert een blijvend geologisch artefact per turbinelocatie op de Belgische deel van de Noordzee.

4.1.3.3.2 *Invloed op de morfodynamiek van het volledige gebied*

Verwijdering van de funderingen

Het verwijderen van de paalfunderingen (conf 1, conf 2, conf 3a) heeft geen effect op de morfodynamiek. Indien de put die ontstaat door de paalfundering tot ca. 2 m onder de zeebodem af te snijden, zich verder zou ontwikkelen door lokale erosie, wordt voorgesteld deze put op te vullen met zand of erosiebeschermingsmateriaal.

Voor de put ontstaan door de verwijdering van de gravitaire fundering (conf 3b) wordt eveneens voorgesteld deze op te vullen met zand, indien deze uitgraving zich verder zou ontwikkelen door lokale erosie (in het geval dat het aanwezige erosiebeschermingsmateriaal blijft liggen). Indien het beschermingsmateriaal allemaal verwijderd wordt, treedt ter hoogte van de weggehaalde fundering hetzelfde effect op als ter hoogte van de erosiebescherming (zie verder).

Verwijdering van de erosiebescherming

De keuze over het al dan niet verwijderen van de erosiebescherming (niet van toepassing voor configuratie 2 en 3a) zal op het einde van de exploitatie bepaald worden.

Indien de bescherming niet verwijderd wordt, treden er tijdens de afbraakfase geen effecten meer op die zich niet al gemanifesteerd hebben tijdens de exploitatiefase. Hoogstwaarschijnlijk is de breuksteen al bedekt met zandig materiaal waarin zich, afhankelijk van de dikte, enig substraat gevormd heeft.

Indien de bescherming verwijderd wordt, zal er in essentie een put ontstaan met een diepte van 1,6 m ter hoogte van elke fundering. Het herstelgedrag van dergelijke putten verloopt trager dan voor ondiepe baggersleuven. Door residuele stromingen in de Noordzee migreren putten aan een snelheid van 2-9 m per jaar, in de dominante stromingsrichting. Bij symmetrische getijden, zonder dominante stromingsrichting, is de migratie in de richting van de ebstroom (Du Four, 2004).

Ter vergelijking: het verdwijnen van baggersporen in gebieden met een relatief lage golfexpositie en gereduceerde getijstromingen kan tussen de 3 en 7 jaar duren (Kenny & Rees, 1996; Essink, 1998). In dynamische gebieden met meer mobiele zandsedimenten zoals de subtidale zandbanken op het BDNZ zouden de sporen verdwenen zijn in minder dan één jaar. Toch moet volgens Seys (2003) eerder gedacht worden aan een volledige herstelperiode van 4 jaar, des te meer om tegemoet te komen aan enig ecologisch herstel. Een dergelijke opvullingsperiode wordt ook opgetekend voor ontginning in de Waddenzee (bron: MAGIS webpagina). Op de Kwintebank echter worden baggersporen reeds na drie maanden niet meer teruggevonden wegens opvullen met sediment in beweging (m.m. W. Bonne). Ook hier zal de opvullingsnelheid echter verschillen van de diepte.

Het herstel van de funderingsputten is in ruimte en tijd niet in te schatten. De beste benadering kan gevonden worden door toepassing van aangepaste modelleringstechnieken zoals in Nederland toegepast (Roos, 2004).

Verwijdering van de kabels

De keuze over het al dan niet verwijderen van de kabels zal later bepaald worden. Indien de kabels verwijderd worden, treden niet-significante effecten op vergelijkbaar met de effecten die optreden tijdens de constructiefase. Indien de kabels niet verwijderd worden, treden er geen effecten op.

4.1.3.3 Effecten op de bodemkwaliteit

Net zoals bij de inrichtingsfase en de exploitatiefase, is er geen enkele aanleiding dat de ontmanteling zal leiden tot verontreiniging van de bodem, en dit voor alle Norther configuratiealternatieven en de basisscenario's.

4.1.3.4 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op bodem

Het voornaamste effect op 'Bodem' is het zandtransport dat ontstaat tengevolge van het grondverzet naar tijdelijke stockageplaatsen bij het uitgraven van gravitaire funderingen (GFBs) bij keuze voor configuratiealternatief 3b (matig negatief effect (-)). Het is niet goed gekend hoe de werkelijke verliezen zullen uitvallen. Voor de 6 GFBs was dit ca. 40-50 %. Verwacht wordt dat dit hier in dezelfde orde van grootte zal liggen. Om die reden wordt aanbevolen de nodige aandacht te besteden aan de projectlogistiek teneinde de uitgravingen zo efficiënt mogelijk te laten verlopen in tijd en ruimte.

Andere effecten zijn als verwaarloosbaar (0/-) of onbestaande (0) te beschouwen.

Samenvattend worden de effecten op de bodem weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
Funderingstype	a	b		a	b
Constructiefase (inclusief bekabeling)					
Invloed op de geologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Invloed op het globale sedimenttransport, sedimentologie & morfologie	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Effecten op de bodemkwaliteit	0	0	0	0	0
Exploitatiefase (inclusief bekabeling)					
Invloed op de geologie	0	0	0	0	0
Invloed op de globale morfodynamiek	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Lokale erosie door de constructies	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op de bodemkwaliteit	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase (inclusief bekabeling)					
Invloed op de geologie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

Configuratie	1		2	3	
Invloed op de morfodynamiek van het volledige gebied	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op de bodemkwaliteit	0	0	0	0	0

4.1.4 Leemten in de kennis

Er is op dit moment onvoldoende kennis omtrent de sedimentdynamiek in het concessiegebied. De monitoring op de Thorntonbank (Van den Eynde, 2010) heeft uitgewezen dat bij elke verplaatsing van een zandhoeveelheid, grosso modo iets minder dan 50 % kan gerecupereerd worden. In dit concessiegebied zal dit waarschijnlijk vergelijkbaar zijn.

Het verdient aanbeveling om voor realisatie, indien gekozen wordt voor een gravitaire fundering (conf 3b), modelproeven uit te voeren omtrent de erosie van een windturbine met gravitaire fundering, om het technisch ontwerp van de erosiebescherming te verfijnen.

Ook is het eroderend effect op uitgegraven tertiaire klei een onbekende parameter. Speciaal in dit concessiegebied waar meer dan de helft van de gravitaire funderingen (conf 3b) in tertiaire klei of zandhoudende klei aangelegd worden is dit een niet onbelangrijke leemte in kennis.

4.1.5 Mitigerende maatregelen

Er moet aandacht geschonken worden aan een goede afstemming in de tijd tussen het aanbrengen van de fundering en het aanbrengen van de steenbestorting (erosiebescherming), dit dan bij 'static scour' bij keuze voor monopile funderingen (conf 1). Dit voorkomt immers erosie en leidt tot een minimaal gebruik van steenbestorting. Een goede afstemming van de deeltrajecten is hoe dan ook een vereiste bij het tussentijds stockeren van zand, dit om diverse verliezen zo veel mogelijk te beperken.

Op het kabeltracé moet bij overkruisingen van andere leidingen, waarbij de minimale aanlegdiepte niet kan behaald worden, een extra bescherming aangebracht worden. Dit kan geschieden met dezelfde breuksteen die aangewend wordt voor de erosiebescherming op het windpark en/of met betonnen beschermingsmatrassen.

4.1.6 Monitoring

Nu en in de komende jaren worden verschillende windparken gerealiseerd binnen de afgebakende windconcessiezone (KB 17/05/2004). Een afstemming tussen de verschillende monitoringsprogramma's is aangewezen.

Het monitoringsprogramma voor het windpark in het North Sea Power concessiegebied zal kunnen aansluiten bij deze van de windparken in opbouw (Belwind, C-Power...). Zo is voorzien dat een monitoringsonderdeel waarvan mag worden verwacht dat de resultaten representatief kunnen zijn voor meerdere windparken, niet bij andere windparken wordt herhaald. Waar dit opportuun is, kunnen ter vergelijking steekproeven worden uitgevoerd.

De in dit hoofdstuk beschreven monitoringsresultaten kunnen worden verkregen met de aanpak zoals die reeds voor C-Power is vastgesteld (BMM, 2004) en (BMM, 2006a) alsook voor Belwind (Di Marcantonio *et al.*, 2007). Dit betekent dat met het monitoringsprogramma:

- de evolutie van de erosie en morfologie rond de turbines wordt gemeten;
- de ingravingsdiepte van de hoofdkabel naar land wordt bewaakt;
- de bewegingen van het gestorte zand wordt opgemeten in het geval van gravitaire funderingen (conf 3b);
- en dat voor de werken een bodemonderzoek (boringen, korrelgrootte, ...) wordt uitgevoerd;

Voor de frequentie, technieken, etc. wordt verwezen naar bovenstaande referenties, de monitoringsprogramma's voorgesteld door BMM voor de C-Power en Belwind windparken. Essentieel zijn ook de recente resultaten rond monitoring en evaluatie van milieueffecten tijdens de bouw van de windparken op de Thorntonbank (C-Power) en de Bligh Bank (Belwind), met aandacht voor wijzigingen in het natuurlijk milieu (in ruimte en tijd).

4.2 WATER

4.2.1 Referentiesituatie

4.2.1.1 Hydrografie en hydrodynamica

Een globale beschrijving van de hydrografie van de Noordzee wordt teruggevonden in (Ecolas, 2006).

4.2.1.1.1 Waterhoogten

In het projectgebied worden gemiddelde waterdiepten vastgesteld tussen 15 en 32 m in het concessiegebied. De waterhoogte in het projectgebied zal variëren door het getij (laag bij eb, hoog bij vloed) alsook onder invloed van de golfwerking en door de wind.

4.2.1.1.2 Golfhoogten

De windgolven worden beschreven in termen van karakteristieke golfhoogtes en karakteristieke golfperiodes. De hoogste golven in de Noordzee vindt men terug bij noord tot noordwestelijk wind. De golfhoogte is het verschil in hoogte tussen een golfkam en het daaropvolgende golfdal. De golfhoogtes zijn sterk afhankelijk van de bodemmorfologische verschillen op het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ).

De golfperiode is het verschil in tijd tussen twee opeenvolgende tijdstippen waarop de gemiddelde golfhoogte wordt bereikt. De gemiddelde golfperiode ligt meestal tussen 3 en 6 seconden (Di Marcantonio *et al.*, 2007).

Hydrodynamische modellering voor de Noordzee resulteert in een maximale (retourperiode 50 jaar) stijging in waterdiepte door de golfwerking van ongeveer 250 cm. Maximale golfhoogtes (retourperiode 50 jaar) bedragen ongeveer 12 m, overeenkomend met een golfperiode van ongeveer 12 seconden (OSPAR, 2000a). De dichtst bijgelegen metingen op het BDNZ (Akkaert Zuid, Goote Bank ten ZW van de Bank zonder Naam, NB 51° 25' 59' OL 02° 48' 09') geven op basis van metingen tussen 1977 en 2002 maximale significante golfhoogten tussen 6 en 7 m aan (Meetnet Vlaamse Banken, 2007). Op de Schouwenbank (bank voor de Nederlandse kust) wordt een significante golfhoogte van 3 m slechts in 1,5 % van de tijd overschreden (Di Marcantonio *et al.*, 2007).

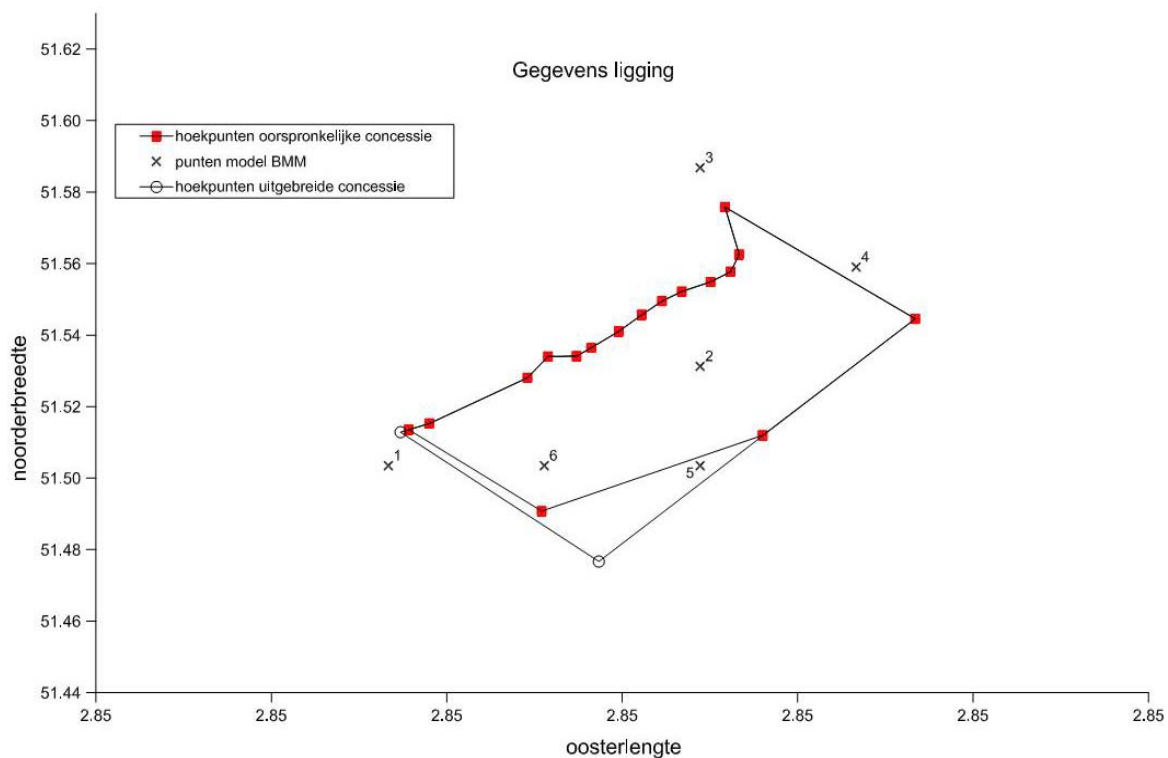
4.2.1.1.3 Getij

De resulterende halfdagelijkse eb- en vloedcyclus voor de Belgische kust veroorzaakt een variatie in waterdiepte die meer dan 5 m kan bedragen (OSPAR, 2000a).

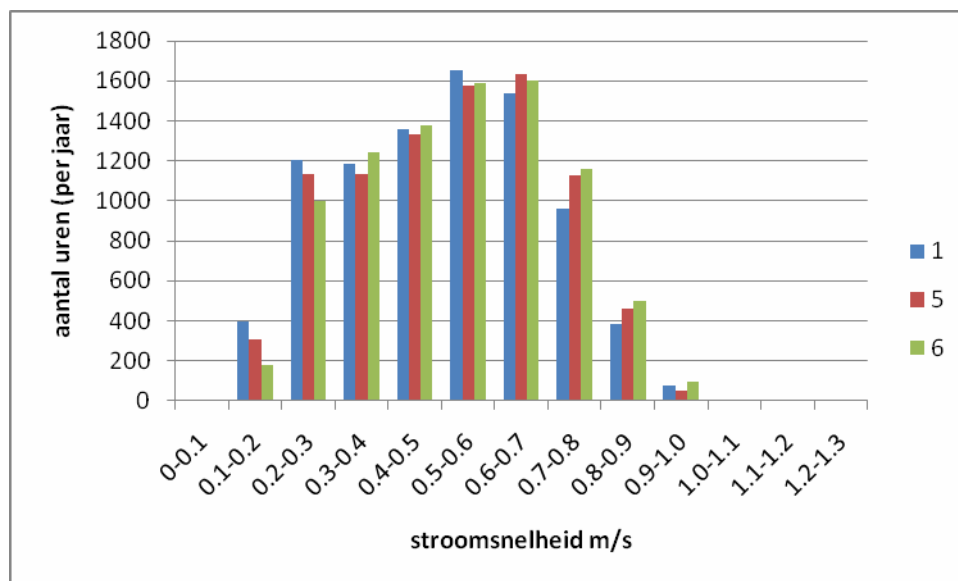
4.2.1.1.4 Stroming

De stroming van het Noordzeewater wordt dus enerzijds veroorzaakt door de getijdenwerking (dominerende component), anderzijds door windeffecten of eventueel densiteitverschillen. De oscillerende werking van het getij veroorzaakt een netto residuele stroming die de helft van de waterstroming in de Noordzee voor zijn rekening neemt. De meest extreme situaties (grote stroomsnelheden en extreme waterniveaus) ontstaan wanneer een storm samenvalt met een springtij.

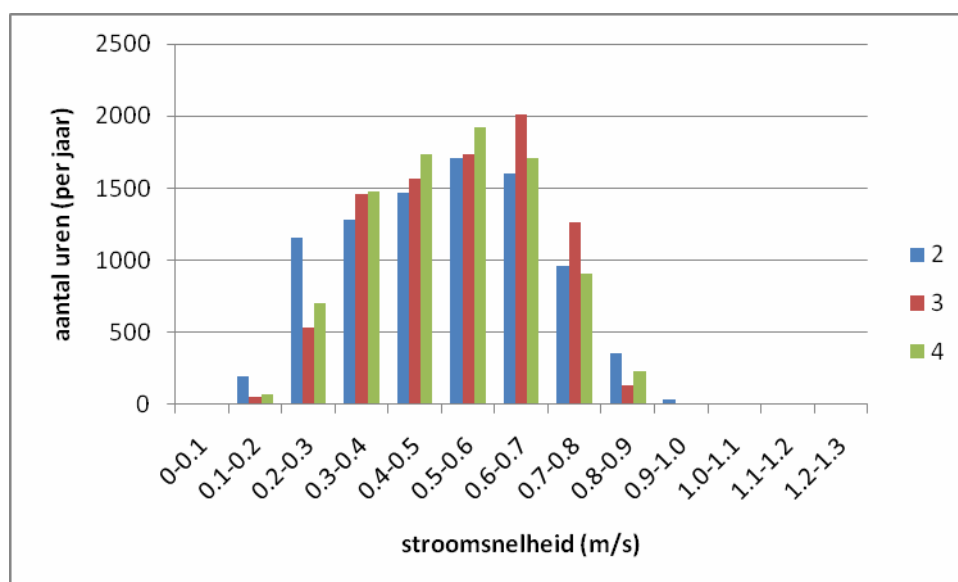
Op basis van een uittreksel van de hydrodynamische modelleringsresultaten (frequentiedistributie van stroomsnelheden op verschillende plaatsen op het BCP, modelgrid 750 m * 750 m) blijkt dat voor modelpunten in de buurt van het North Sea Power concessiegebied (Figuur 4.2.1, Figuur 4.2.2 en Figuur 4.2.3), de residuele gemiddelde (oppervlakkige) watersnelheid ongeveer 0,60 m/s bedraagt. De gemiddelde snelheid en maximale snelheden liggen iets hoger aan de NO-zijde van het concessiegebied ter hoogte van de Rabsbank en de zuidoostelijke tip van de Thorntonbank. De optredende snelheden bevinden zich grotendeels in het spectrum tussen 0,2 en 0,8 m/s.



Figuur 4.2.1 : Ligging van concessiegebied en punten (1-6) met gekende stroomsnelheden (bron: BMM-gridbestand 2007)



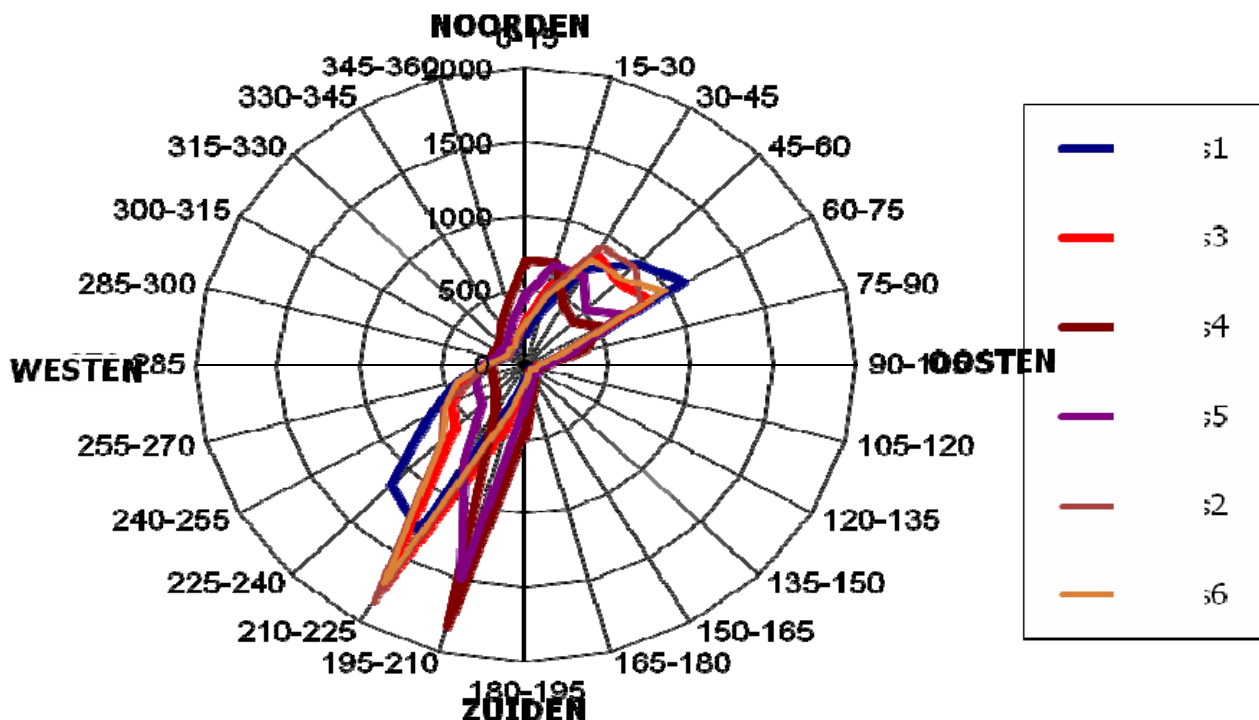
Figuur 4.2.2 : Frequentiedistributie van stroomsnelheden t.h.v. het North Sea Power concessiegebied – punten 4-5-6 (bron: BMM-gridbestand meteo-snelheid)



Figuur 4.2.3 : Frequentiedistributie van stroomsnelheden t.h.v. het North Sea Power concessiegebied – punten 2-3-4 (bron: BMM-gridbestand meteo-snelheid)

Oppervlakkige stromingen zijn duidelijk getijde gebonden waarbij de (uit het WZW-ZW komende) vloedstroom domineert boven de ebstroom die uit het NO komt. De stroming komt, gedreven door de getijdenwerking en overheersende winden, ter hoogte van het projectgebied hoofdzakelijk uit het ZW tot WZW en daarnaast ook uit het NO tot NOO. Er wordt geen significant verschil in richting vastgesteld tussen de verschillende modelpunten.

Stromingsrichting voor verschillende punten rond het projectgebied



Figuur 4.2.4 : Frequentiedistributie van richtingen waaruit de stroming komt t.h.v. het North Sea Power concessiegebied

4.2.1.1.5 Aanvullende detailinformatie betreffende de Thorntonbank

In het kader van de monitoring voor het C-Power windpark werd door het BMM een numerieke modellering uitgevoerd van hydrodynamica en sedimenttransport t.h.v. de Thorntonbank (BMM, 2006b). Gezien de gelijkaardige oriëntatie en ligging van de Thorntonbank t.a.v. het North Sea Power concessiegebied, is het nuttig om deze recente resultaten mee te geven.

Stromingen in het gebied variëren tussen 0,2 en 0,8 m/s. Stromingsellipsen (dit zijn de contouren rond de stromingsvectoren over een getijde) zijn meer cirkelvormig op de bank terwijl ze in de geulen meer langwerpig zijn met hogere eb- en vloedstromingen en lagere stromingen tijdens de kentering.

Gemiddelde stromingssnelheden zijn het hoogst op de top van de zandbank (0,57 m/s). Maximale stroomsnelheden blijven beperkt tot maximaal 1,0 m/s en zijn het hoogst in de geulen, vooral ten zuiden van de zandbank.

Residuele stromingen zijn naar het NO gericht (richting Nederlands deel van de Noordzee).

Gemiddelde golfhoogtes bedragen 1 m, terwijl maximale golfhoogtes tot 3,4 m voorkomen. Golfhoogtes nemen toe in de richting van open zee.

4.2.1.2 Temperatuur, saliniteit en chemische karakterisering van het zeewater

Voor een uitgebreidere beschrijving van deze paragraaf wordt verwezen naar (Ecolas nv, 2003). Hieronder worden enkel de conclusies weergegeven, aangevuld met recentere informatie.

De gemiddelde watertemperatuur in het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ) is ongeveer 11 °C. Er treden seizoenale variaties op met een grootteorde van 8 à 9 °C ten opzichte van de gemiddelde

temperatuur. Van oktober tot maart is de temperatuur van het water hoger aan de bodem dan aan het wateroppervlak (maximaal 0,6 °C), maar vanaf maart wordt het wateroppervlak warmer dan de waterkolom t.h.v. de zeebodem door de stijgende luchttemperaturen.

De saliniteit in het BDNZ bedraagt ongeveer 31-35 g/kg (OSPAR, 2000a). Er is een lichte seizoenale variatie door de invloed van de riviertoevoer. De saliniteit aan het wateroppervlak is hoger en constanter (32 ppt) dan aan de zeebodem (25 tot 31 ppt).

Een gedetailleerde beschrijving van de samenstelling van oceaanwater is beschikbaar in Postma (1990). De grootste concentraties aan zware metalen worden teruggevonden ter hoogte van de Schelde-monding (OSPAR, 2000b). Men kan voor de Bank Zonder Naam aannemen dat de natuurlijke concentraties relatief laag zijn. Uit OSPAR (2000a) haalt men de volgende richtwaarden voor open zee (niet specifiek voor de Noordzee): cadmium 10-50 ng/l, kwik 0,1-2 ng/l, lood 50-60 ng/l, koper 600-700 ng/l. In de BMDC databank (BMM, 2007b) werden voor deze metalen geen specifieke waarden voor de Noordzee teruggevonden. Voor koper liggen deze concentraties boven de EAC-waarde, de waarde waarbij geen schade ten opzichte van het milieu of biota wordt verwacht. Koper is echter een essentieel element voor de normale groei en ontwikkeling van organismen.

De belangrijkste organotinverbinding is tributyltin (TBT). Het is een biocide dat in het aquatische milieu als 'antifouling' gebruikt wordt. De concentratie tributyltin offshore bedraagt <1 ng/l. De waarde in frequent gebruikte vaarroutes ligt opmerkelijk hoger en kan oplopen tot ca. 100 ng/l (OSPAR, 2000b). In de BMDC databank (BMM, 2007b) werd voor TBT geen specifieke recente waarde voor de Noordzee teruggevonden. Het gebruik van TBT is reeds verboden voor vaste structuren die zich volledig of gedeeltelijk onder water bevinden en sinds 2008 mogen deze producten op geen enkel schip meer voorkomen.

De belangrijkste persistente organische componenten zijn PCB's en PAK's. Door hun lage oplosbaarheid is de concentratie in het water meestal laag en bovendien moeilijk te detecteren.

Bunkerolie en smeerolie zijn de belangrijkste bronnen van olievervuiling in de Noordzee. De olielozing afkomstig van boringen voor de offshore olie- en gasindustrie is over de laatste 10 jaar sterk gereduceerd (tot meer dan 80 %). Deze afname is vooral het gevolg van een vervanging van oliegebaseerde boorkleien naar boorkleien die op water gebaseerd zijn.

Nutriënten (N, P, Si) spelen een heel belangrijke rol in aquatische ecosystemen omdat ze aan de basis liggen van de primaire productiviteit. De zones die sterk beïnvloed zijn door menselijke activiteiten worden gekenmerkt door hoge nutriëntenconcentraties en afwijkende nutriëntenratio's. De menselijke invloed op de nutriëntenbalans is voornamelijk merkbaar ter hoogte van de kustzone en minder detecteerbaar ter hoogte van de zandbanken. De aanvoer van stikstof in het marien milieu kan op twee manieren plaatsvinden: via het water en via de atmosfeer. 65-80 % van de nutriënten input van stikstof in de Noordzee gebeurt via de rivieren. Voor fosfor bedraagt dit zelfs 80-85 % (OSPAR, 2000b). De nutriëntenconcentratie is tijdens de winter hoger dan tijdens de zomer. Dit is het gevolg van de natuurlijke verhoogde periodieke algenontwikkeling (primaire productie) in de lente en zomer.

4.2.1.3 Turbiditeit

De turbiditeit of helderheid van het zeewater wordt bepaald door de hoeveelheid zwevend (in suspensie) materiaal in het water. De lichtinval is sterk gecorreleerd met de hoeveelheid zwevend materiaal en fytoplankton in de waterkolom.

Volgens satellietbeelden, die de hoeveelheid zwevend stof in de bovenste waterlaag meten, is er een duidelijke ruimtelijke variatie in concentraties met een afname van de Belgische kust naar de zee toe. In het gebied van de Vlaamse Banken is er altijd een geringere concentratie (< 10 mg/l) (Lauwaert *et al.*, 2004) dan ter hoogte van de kust (bijvoorbeeld Zeebrugge, waar de hoogste concentraties voorkomen) omwille van het zandige sediment: gemodelleerde suspensieconcentraties of SPM (tijgemiddelde voor 1 m/s) ter hoogte van de banken geven ongeveer 10 tot 50 mg/l t.o.v. 250 mg/l nabij de havenmond van Zeebrugge (Lanckneus *et al.*, 2001).

Van den Eynde *et al.* (2010), een recente IMDC-survey van 2009, gaf mediane SPM-waarden van resp. 90 en 4 mg/l voor respectievelijk de Goote- en Thorntonbank, dit voor de winterperiode. Tijdens de zomerperiodes zakten deze concentraties tot 1-2 mg/l voor beide locaties. Er werd wel degelijk een positieve correlatie vastgesteld met de golfhoogte in beide gebieden.

Bij storm kunnen de maximumconcentraties tot 15 maal hoger liggen dan bij goed weer, voor hetzelfde getijde. Zo worden concentraties tot 15 g/l opgemeten (1/3 zand) nabij de bodem. Het zand sedimenteert snel, maar het silt blijft enkele uren in suspensie. Offshore liggen de maximale concentraties eerder rond 300 mg/l maar ze treden slechts occasioneel op (Fettweis *et al.*, 2005). Maximale turbiditeit treedt klassiek op met een tijdsverschil t.o.v. de maximale snelheid, omdat het materiaal tijd nodig heeft om zich te verspreiden over de waterkolom.

Concentraties zijn normaliter lager in lente en zomer dan in winter en herfst, voornamelijk door de variatie van toevoer via de Straat van Dover, meer storm in de winter en een snellere bezinkingssnelheid van sedimentvlokken bij hogere temperatuur (Fettweis *et al.*, 2005).

Netto transport van gesuspenseerd materiaal voor het BDNZ bedraagt ongeveer 15 miljoen ton op jaarbasis (maximaal tijdens de winter). Dit materiaal wordt aangevoerd vanuit de straat van Dover (ongeveer 22 miljoen ton) in het zuidelijk deel van de Noordzee en verspreidt zich vervolgens. Het transport concentreert zich wel langs de kustlijn en is beduidend minder offshore.

4.2.2 Autonome ontwikkeling

Door de klimaatsverandering zullen veranderingen optreden in de stromingskarakteristieken en in de chemische eigenschappen van het zeewater. Zelfs op de termijn van de exploitatie periode zullen al veranderingen merkbaar zijn. Zo wordt bijvoorbeeld een algemene zeespiegelstijging ten gevolge van het broeikaseffect verwacht van maximum 0,9 m in de periode 1990-2100.

Naast veranderingen in de algemene, gemiddelde waarden van bijvoorbeeld zeespiegel, temperatuur, etc. wordt er een toename verwacht in de extreme klimaatsgebeurtenissen. Zo zal een toename van extreme stormen zeer zeker een invloed hebben op de sedimentdynamiek aangezien sedimenttransport in grote mate plaatsvindt tijdens extreme hydraulische condities.

Op dit moment heerst er nog veel onzekerheid over de kwantificering van de invloeden van klimaatsverandering op het mariene milieu, zeker op de schaalgrootte van het BDNZ. Bovendien zijn de effecten geïnduceerd door klimaatsverandering niet altijd te scheiden van effecten tengevolge van andere (menselijke) invloeden. Daarom werden recent door het Federaal Wetenschapsbeleid een aantal onderzoeksprojecten opgestart (Climar, Quest4D, Amore III) die een antwoord zullen bieden op de invloed van de klimaatsverandering op onder meer stromingskarakteristieken, sedimenttransport, temperatuur, nutriëntenbalans en ecologie ter hoogte van het BDNZ.

Verder kan verwacht worden dat de antropogene invloed op de waterkwaliteit in het mariene milieu verder zal dalen. Bijvoorbeeld zouden de concentraties aan TBT, zware metalen, nutriëntentoevoer via rivier, etc. een positieve dalende trend moeten tonen in de toekomst. Deze trend is voornamelijk het gevolg van een stringenter wetgeving en beleidsmaatregelen (vb. verbod op gebruik TBT, Kaderrichtlijn Water, Kaderrichtlijn Mariene Strategie, mestactieplan, etc.). Voor een uitvoeriger beschrijving per parameter kan verwezen worden naar (Ecolas, 2006).

Er zijn geen andere mariene activiteiten (windparken op andere banken, zandwinning, transport, dumpen van baggerspecie, etc.) op het BDNZ waarvan een effect in de toekomst kan verwacht worden op de North Sea Power concessiegebied en het windpark dat daar zou gebouwd worden. In bijzonder kan gesteld worden dat er geen invloed is van het nabijgelegen C-Power windpark (Thorntonbank) en het Belwind windpark (Bligh Bank) (Van den Eynde *et al.*, 2010):

- De bouw en exploitatie van beide parken zal geen invloed veroorzaken op de hydrografie en de hydrodynamica in het North Sea Power concessiegebied.
- De bouw en exploitatie van beide parken zal geen invloed veroorzaken op de temperatuur, saliniteit en chemische karakterisering van het zeewater in het North Sea Power concessiegebied.
- De bouw van beide parken zal hoogstwaarschijnlijk geen significante turbiditeitsverhoging veroorzaken.

4.2.3 Effecten

4.2.3.1 Constructiefase

4.2.3.1.1 Hydrodynamica

Tijdens de inrichtingsfase – zowel voor de plaatsing van de kabels als van de windturbines – treden geen effecten op de hydrodynamica op, ongeacht het type fundering. De effecten op stromingen en golven zijn zeer lokaal en verwaarloosbaar (Di Marcantonio *et al.*, 2007).

4.2.3.1.2 Waterkwaliteit

Bij het baggeren/jetting voor de plaatsing van de kabel en bij het plaatsen van de fundering (voornamelijk bij de gravitaire fundering) kunnen zware metalen vrijkomen uit het sediment. Er wordt aangenomen dat enkel de bovenste laag van de zeebodem zware metalen bevat (Phua *et al.*, 2004). Gezien er voornamelijk grovere sedimenten verwijderd worden met een laag percentage aan fijn materiaal en lage concentraties aan zware metalen, kan dit als een niet-significant effect beschouwd worden.

Analoog als voor zware metalen, is de potentiële impact van het vrijkomen van organische polluenten uit de bovenste sedimentlaag tijdens de inrichting vrij gering (0/-), gezien er voornamelijk zand geëxtraheerd wordt met een laag percentage aan fijne deeltjes en organisch materiaal.

Aangezien de Noordzee aangeduid is als een speciale zone (volgens MARPOL 73/78) voor afval sinds 1991 en voor olie sinds 1999 kan deze activiteit gezien het wettelijk verbod op lozen van afval en olie (door schepen groter dan 400 ton) niet leiden tot lozingen van afval of olie. Het baggeren kan een kleine tijdelijke toename van nutriënten in de waterkolom veroorzaken.

De aangroeiwerende verf die wordt aangebracht op de schepen gebruikt tijdens de inrichtingsfase is TBT-vrij. Het is immers vanaf 1 januari 2003 wereldwijd verboden om TBT nog op schepen te gebruiken en vanaf 1 januari 2008 moet alle TBT van de scheepsrompen verwijderd zijn. Op temperatuur, opgeloste zuurstof, saliniteit wordt geen invloed verwacht.

4.2.3.1.3 Turbiditeit

Aanleg funderingen

Tijdens de constructie van de fundering zal een lokale verhoging van de turbiditeit kunnen vastgesteld worden, zowel bij het inheien van palen (monopile, jacket fundering) als bij het baggeren en terugstorten van zand (gravitaire fundering). Normaliter zal er gewerkt worden bij rustige (weinig stroming) weersomstandigheden, waardoor kan verondersteld worden dat de natuurlijke turbiditeit laag is. Dit betekent eveneens dat de bezinking van het opgewoelde sediment relatief snel zal optreden en in een geringe straal rondom de activiteiten. Voor de bouw van het windpark op de Bligh Bank werd verwacht dat de verhoging van de turbiditeit beperkt zal blijven in tijd en ruimte (Di Marcantonio *et al.*, 2007). Van den Eynde *et al.* (2010) stelde dat voor het precies inschatten van de turbiditeitstoename tijdens de werken de natuurlijke variabiliteit eerst diende ingeschat te worden. Tijdens de monitoring op de Goote- en Thorntonbank bleek deze eerder hoog te zijn, ondermeer door golven, maar ook door beïnvloedingen door minder salien water, met verhoogde turbiditeit vanuit de kustzones. De vraag stelde zich of de Goote Bank wel een goede referentie is voor de SPM-parameter.

Enkel op het centrale gedeelte van de Goote Bank, de Rabsbank en de zuidelijke uitloper van de Thorntonbank bevindt zich in hoofdzaak een zandige bodem (zie ook hoofdstuk bodem), een sediment met relatief grote korreldiameterverdeling, waardoor gravitaire krachten het zand relatief snel terug doen uitzinken. De gemiddelde korreldiameter is ongeveer 250-300 µm. Voor een waterdiepte van ongeveer 20 m betekent dat zand opgewoeld tot aan het oppervlakte een bezinkingstijd heeft (bij relatief rustige stromingsomstandigheden vb. gemiddelde stromingssnelheid van 0,5 m) van kleiner dan 10 minuten en zal bezinken in de richting van de overheersende stroming binnen een straal kleiner dan 250 m.

Het is wel duidelijk dat het inheien van palen (monopile, jacket fundering) een lagere impact zal hebben op de verhoging van de turbiditeit dan het baggeren (gravitaire), omwille van enerzijds het geringe volume aan zand dat in het proces betrokken wordt en anderzijds omwille van het feit dat er bij baggeren niet alleen bodemmateriaal wordt opgewoeld op de bodem, maar dat het ook in de waterkolom wordt gebracht vanaf het schip. De gravitaire fundering zal relatief meer turbiditeit doen ontstaan tijdens de constructie- en exploitatiefase dan een palentype (BMM, 2006a). In het North Sea Power concessiegebied zal het

bodemmateriaal in meer dan de helft van de turbines uit grind, fijn zand, maar vooral tertiaire klei bestaan, dit is bij inplanting naast de bankgedeeltes, in de diepere geulen. Hierdoor kan, door de hoge kleifractie, de turbiditeit tijdens de werken onverwacht sterk toenemen.

In (Ecolas NV, 2006) wordt vermeld dat het begroten van de maximale concentraties aan gesuspendeerd sediment in de waterkolom omwille van de constructiewerken een zeer moeilijke opdracht is, omdat het een zeer turbulent en driedimensionaal proces is. Van den Eynde *et al.* (2010) vermeld dat er nog geen deftige besluiten kunnen genomen worden naar toename van turbiditeit, op grond van metingen tijdens de constructiefase op de Thorntonbank en Bligh Bank. Er wordt aanbevolen af te stappen van referentiesites en langdurige tijdreeksen SPM te meten voor, tijdens en na de constructie, on-site dus. Hierdoor kan de natuurlijke variabiliteit beter bepaald worden, met correctere interpretaties van turbiditeitstoenames tijdens de werken.

Modelleringen voor een Deens project (DHI, 1999) vermelden een concentratie > 10 mg/l gedurende 20 % van de tijd, dit bij de aanleg van een funderingsplaat en een worst-case veronderstelling van 3 % verlies aan baggerslib (dat voor turbiditeit zorgt) dat volledig aan de wateroppervlakte wordt geïnjecteerd. In een gebied van ongeveer 7 km² rond de baggerlocatie vond men 50 % van de tijd concentraties terug > 2 mg/l. Zelfs in dit 'worst-case scenario', voor partikels met een kleinere D50 dan op de Bank Zonder Naam, wordt de toename van partikels in suspensie als niet significant in vergelijking met de natuurlijke concentratie beoordeeld.

Berekeningen uitgevoerd tijdens de opmaak van (Ecolas NV, 2003) vermelden maximale concentraties tijdens stormweer van 80 mg/l voor zand met D50 = 300 µm tot 200 mg/l bij zand met D50 = 100 µm.

Ecolas NV (2006) vermeldt nog een aantal literatuurbronnen die ingaan op concentraties optredend bij baggeractiviteiten, in bijzonder omwille van de oppervlakkige sedimentwolk die ontstaat door de overlaat van sediment en water vanuit een hopperzuiger. Interessant is o.a. de variatie van de invloedsstraal in functie van de korrelgrootte van het sediment (11 km voor fijn slib, 5 km voor fijn zand, 1 km voor medium zand).

BMM (2006a) haalt aan dat recent onderzoek heeft aangewezen dat turbiditeitsverhogingen beperkt blijven tot 3 %. Concentraties aan gesuspendeerd materiaal tijdens de constructie activiteiten zullen dus ten hoogste in dezelfde grootteorde liggen als natuurlijke concentraties bij stormweer.

De constructie van de fundering zal, voor elke uitvoeringswijze en type fundering, een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken met, in vergelijking met turbiditeitsconcentraties die van nature optreden tijdens stromen, een gering negatief effect (0/-).

Aanleg kabels

De parkkabels (kabels binnen het windpark) worden in de bodem ingegraven, om beschadiging te voorkomen. Het trekken van een sleuf wordt technisch uitgevoerd ofwel door ploegen, ofwel door 'jetting' (via hoge drukstraal). De totale lengte aan parkkabel bedraagt ongeveer 65 km. De bedekking met zand (minimum 1 m diep) gebeurt onmiddellijk na het inleggen van de kabel, zodat sleuftrekken, kabel inleggen en bedekken in feite 1 beweging is.

De exportkabel (kabel vanaf het windpark naar het vasteland) bestaat uit één 220 kV kabel of twee 150 kV kabels. De aanlanding zal gebeuren in het onderstation van Zeebrugge (ca. 24 km lengte). Deze exportkabel

wordt iets dieper geplaatst, hetzij 2 meter diep buiten de vaarzones op een analoge technische uitvoeringsmanier als bij de parkkabels, hetzij minimaal 4 meter diep ter hoogte van de kruising met de zeevaartroutes waarbij moet gebaggerd worden. De exacte aanlegdiepte bij de kruising van vaarroutes zal ten gepaste tijde bepaald worden rekening houdend met de geldende regelgeving en tevens met eventuele te verwachten verdiepingen van de vaargeul.

Het aanleggen van deze kabels zal een tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken. Voornamelijk zand wordt opgewoeld, waardoor de straal waarbinnen het sediment terug bezinkt vrij gering zal zijn. Deze verhoging zal groter zijn bij de aanleg van de exportkabel, enerzijds omwille van de grotere diepte (meer zand in beweging), anderzijds omwille van de andere uitvoeringstechniek (het baggeren in de vaargeulen zal meer turbiditeit veroorzaken). (BMM, 2004) haalt bovendien aan dat bij het ploegen of jetten van de exportkabel in de zone dicht bij de kust nieuw fijn tot gemiddeld korrelig sediment in suspensie wordt gebracht omdat daar slibrijke fracties in de bodem aanwezig zijn. Aangezien dit tevens de zone is waar van nature een hoger turbiditeitsmaximum heerst, is de impact van de werken verwaarloosbaar (0/-). (Di Marcantonio *et al.*, 2007) vermeldt een literatuurbron (op basis van een numeriek model) die een depositie berekent van 1-5 mm in een zone van enkele honderden meters rond de kabel, met een depositie van 20 mm dicht tegen de kabel.

Een zeer uitgebreide en recente literatuurstudie omtrent de milieu-impact van het leggen van kabels (o.a. verhoging turbiditeit) is terug te vinden in (BERR, 2008). Voor een windpark (Norfolk) wordt bijvoorbeeld berekend dat de impactzone bij kabellegging varieert tussen 200 m van de kabel (met kleine depositiedikten van enkele mm) tot 20 m van de kabel (met deposities van ongeveer 10 mm) afhankelijk van de stromingscondities (aanname dat alle geploegde materiaal in suspensie komt). De achtergrondconcentraties aan turbiditeit zouden voor de gehele range slechts enkele percentages toenemen. Voor een ander park (Sheringham) werd gemodelleerd dat (bij ploegen van een kabel) de additionele concentraties terugvallen tot minder dan 1 mg/l binnen de eb- of vloedcyclus met een maximale invloedszone van 9 km. Men besluit dat de impact van ploegen op turbiditeit zeer kort en lokaal is, maar dat over andere technieken (jetting, cutting, etc.) weinig data voorhanden is.

De impact (verhoging van de turbiditeit) wordt – voor beide uitvoeringswijzen – als zeer tijdelijk en lokaal beoordeeld (0/-). Gezien de geringe dimensies van de kabelsleuf en in vergelijking met natuurlijke dynamiek wordt de aanleg van de kabels als een proces beschouwd met een verwaarloosbare impact op de turbiditeit, zie ook o.a. (Ecolas NV, 2006). Er wordt geen langere termijneffect verwacht.

4.2.3.2 Exploitatiefase

4.2.3.2.1 Hydrodynamica

De ondergronds geplaatste kabels hebben geen invloed op de stroming.

Voor de windturbines wordt in (Ecolas NV, 2003) en (Ecolas NV, 2006) uitvoerig ingegaan op de invloed van een obstructie op de hydrodynamica. Het besluit uit beide studies kan hier overgenomen worden, in het bijzonder dat er geen significante invloed is van één windturbineconstructie op de stroming. Een windturbine in de zee veroorzaakt een geringe verandering van de stroomsnelheid aan weerszijden van de paal en turbulentie aan de lijzijde van de paal. Ook de golfwerking zal geen noemenswaardige verandering

ondergaan door de aanwezigheid van een funderingsconstructie en bovenliggende windturbine. Bovendien is de invloedszone van een dergelijke obstructie op de stroming zo beperkt, dat er geen interferentie optreedt tussen de invloed van diverse palen op de stroming.

De invloed van een gravitaire fundering is door de grotere afmetingen weliswaar groter dan bij een paalfundering, maar nog steeds als gering negatief (0/-) te bestempelen.

4.2.3.2.2 *Waterkwaliteit*

Er is geen langetermijn effect op de waterkwaliteit te verwachten. De kans op een accidentele lozing met acuut effect op de waterkwaliteit wordt als zeer gering beschouwd. Dit wordt hieronder voor een aantal polluenten nog iets verder gestaafd.

Olie

Het vrijkomen van olie vanuit de windturbine is vrijwel onmogelijk:

- Zowel windturbines met als zonder tandwielkast vormen een mogelijkheid. Onder de tandwielkast, die ongeveer 800-1.000 liter olie bevat, is een lekbak voorzien in het geval van lekkende dichtingen.
- Voor het hydraulische systeem, 200 à 300 liter hydraulische olie bevattend, is eveneens een lekbak voorzien. In het geval van breuk aan een leiding kan gedurende korte tijd olie vrijkomen in de gondel, maar die wordt opgevangen in de gondelbodem en bij een volgend onderhoud verwijderd.
- Ter hoogte van laders en geleidingen is er ongeveer 200-300 kg vet aanwezig. Ook daar zorgen lekbakken voor verwijdering van overtollig vet.
- De transformatoren, die zich in de gondel of in de voet van de turbine bevinden, zullen vermoedelijk van het droge type zijn, maar ook het olie gekoelde type is mogelijk. Indien gekozen wordt voor oliekoeling, worden de transformatoren geplaatst in een aangepaste inkuiping zodat emissie van olie onmogelijk is.

Bij een onderhoudsbeurt wordt overtollige olie (uit lekbakken) of verbruikte olie (bijvoorbeeld 5-jaarlijkse vervanging van olie van de tandwielkasten) verwijderd uit de windturbine.

Aangroeiwerende verf

Aangezien er geen chemicaliën, zoals TBT, ingezet worden voor de beperking van de aangroei van de paal onder water, dient niet voor enige verontreiniging met TBT gevreesd te worden. Bij gravitaire funderingen wordt er geen aangroeiwerende verf gebruikt.

Corrosiebescherming

De stalen mast wordt voorzien van meerlagige corrosiebescherming die aangebracht wordt op land. Deze bescherming bestaat uit een epoxy-coating geschikt voor toepassing in marien milieu met een hoog vast stof gehalte (glasvezel).

Bij een monopile of multipode-fundering wordt een corrosiebescherming voorzien, ofwel een kunststoflaag, ofwel een Zn- of Al-laag met een meerlagige epoxy-coating erbovenop. Bovendien is er een kathodische

bescherming met Al-opofferingsanodes. In (Ecolas NV, 2003) wordt berekend dat de vrijstelling van Al uit deze anodes verwaarloosbaar lage concentraties aan Al in het zeewater veroorzaakt.

Er is dus geen effect van de corrosiebescherming op de waterkwaliteit.

Andere

Bij de eventuele vrijstelling van SF6 is geweten uit voorgaande projecten dat het gaat om zeer kleine hoeveelheden (Di Marcantonio *et al.*, 2007).

4.2.3.2.3 Turbiditeit

Op een niet-significante lokale turbiditeit na vlakbij de fundering door het opwoelen van zand vlakbij de bodem, veroorzaakt de activiteit geen effect (0) op de turbiditeit tijdens de exploitatie, ongeacht het type fundering.

Ook de ondergrondse kabels hebben geen invloed op de turbiditeit. Enkel indien de kabel na verloop van tijd zou vrijkomen op een bepaalde plaats, kan lokaal een tijdelijke verhoging van de turbiditeit optreden bij het opnieuw begraven van de kabel.

4.2.3.3 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase (die bestaat uit het verwijderen van de palen en het eventuele verwijderen van de erosiebescherming en ondergrondse park- en exportkabels) zullen gelijkaardig zijn als in de inrichtingsfase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de inrichtingsfase.

4.2.3.4 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op water

Samenvattend worden de effecten op de water weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
Funderingstype	a	b		a	b
Constructiefase (inclusief bekabeling)					
Hydrodynamica	0	0	0	0	0
Waterkwaliteit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Turbiditeit	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Exploitatiefase (inclusief bekabeling)					
Hydrodynamica	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Waterkwaliteit	0	0	0	0	0

Configuratie	1		2	3	
Turbiditeit	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase (inclusief bekabeling)					
<i>(Analoog constructiefase)</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

4.2.4 Leemten in de kennis

Er is geen gebiedsspecifieke informatie (specifiek voor de North Sea Power concessiegebied) omtrent de kwaliteit van de bodem, de waterkwaliteit. Er is echter geen enkele reden (omwille van bepaalde activiteiten) om aan te nemen dat de waterkwaliteit voor het concessiegebied sterk zou afwijken van de rest van het BDNZ. Gezien de geringe significantie van waterkwaliteitsaspecten verdient deze leemte dan ook weinig prioriteit.

4.2.5 Mitigerende maatregelen

Als onderdeel van het globale veiligheidssysteem, dient er een duidelijke procedure beschikbaar te zijn die beschrijft op welke manier en door wie acties worden ondernomen op het moment dat er tijdens de inrichting, exploitatie of ontmanteling een calamiteit ontstaat met nadelige gevolgen voor de waterkwaliteit (vb. olielek). Hiervoor wordt verwezen naar de discipline 'Veiligheid'.

4.2.6 Monitoring

Voor, tijdens en na de werken kunnen metingen uitgevoerd worden van de waterhoogtes, stromingen en concentraties aan materiaal in suspensie (turbiditeit) op de bank zelf en op een referentiegebied. Stromingen en waterhoogtes worden per definitie al tijdens de werken gemonitord. Voor de methoden, materiaal en periodiciteit van deze monitoring kan verwezen worden naar BMM (2004 en 2006a), Di Marcantonio *et al.* (2007) en Degraer *et al.* (2010a). Op deze manier kan een vergelijking gemaakt worden tussen natuurlijke omstandigheden en verhoogde turbiditeit door de werkzaamheden en exploitatie. Voor het Norther project wordt met betrekking tot monitoring van bovengenoemde parameters bij het C-Power project, het Belwind Project en Eldepasco aangesloten om een kostenefficiënte monitoring te bekomen.

4.3 KLIMATOLOGISCHE FACTOREN

4.3.1 Methodologie

De referentiesituatie wordt beschreven op basis van beschikbare literatuurbronnen, gelijkaardige MER's (o.a. MER's Offshore Windpark Thorntonbank en Bligh Bank) en websites (o.a. www.meteo.be). De autonome ontwikkeling wordt besproken aan de hand van voorspellingen gebaseerd op de modellen van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Bij de bespreking van de impact van het North Sea Power windpark wordt aandacht besteed aan de volgende effecten:

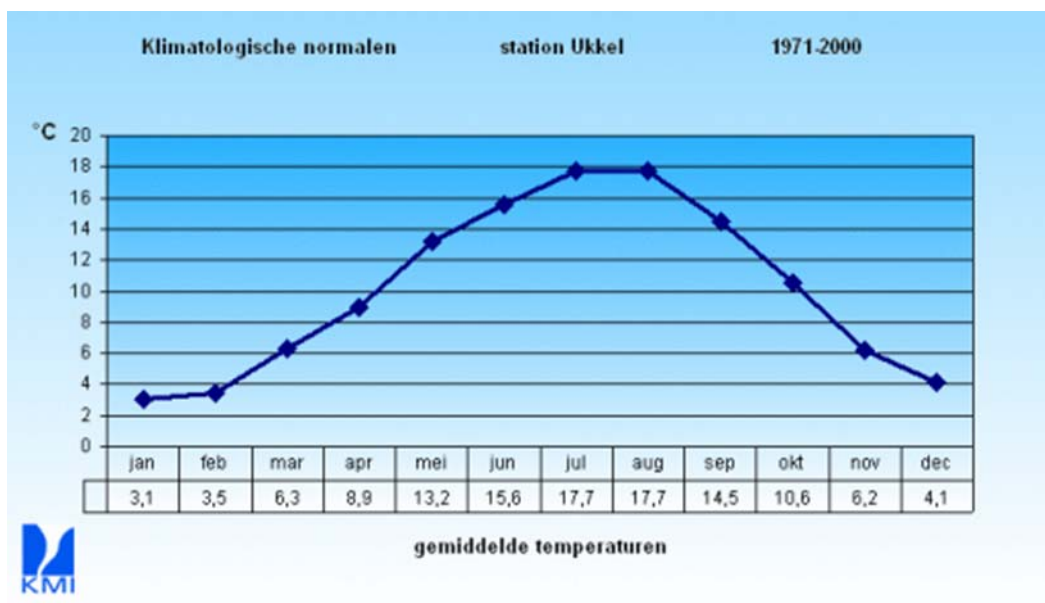
- impact op het globale klimaat door de reductie van de emissie van broeikasgassen;
- impact op het lokale windklimaat door de aanwezigheid van het windpark;
- impact van de kabel op de temperatuur van het omringende sediment.

4.3.2 Referentiesituatie

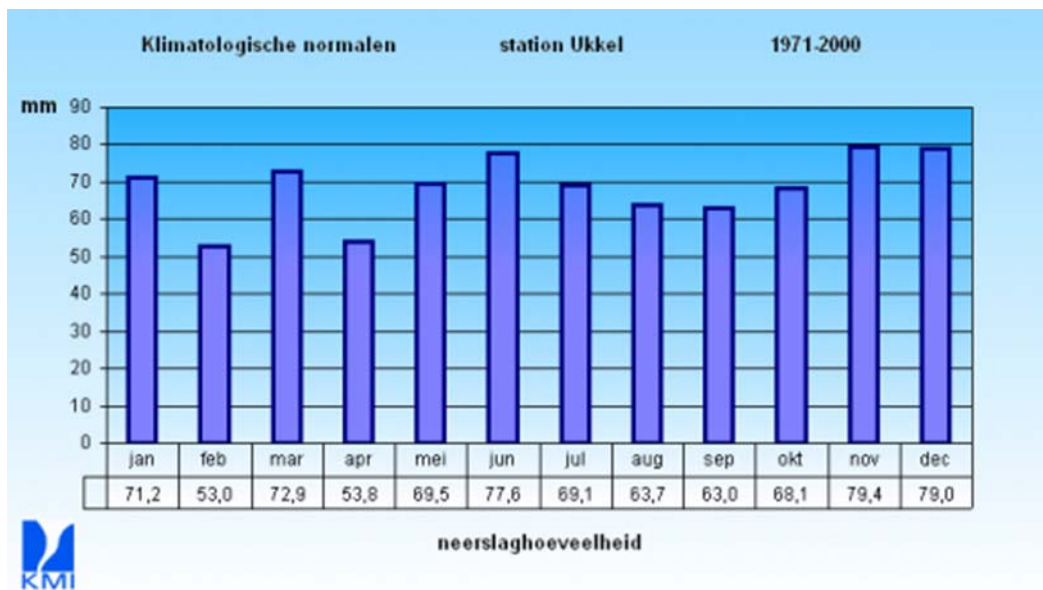
België kent over het algemeen een gematigd zeeklimaat. Het zeeklimaat wordt gekenmerkt door vrij veel regen en wind en kleine temperatuursvariaties tussen de verschillende seizoenen. Het heeft een koele zomer en een zachte winter. Voor België schommelde de gemiddelde temperatuur in de periode 1998-2009 tussen 10,6 °C en 11,5 °C en de gemiddelde jaarlijkse neerslag tussen 671 en 1.089 mm. Het gemiddelde aantal dagen met meetbare neerslag (ten minste 0,1 mm) schommelde tussen 157 en 224 dagen per jaar.

Aan de kust komt een echt zeeklimaat voor. Het gemiddelde temperatuurverschil tussen de warmste en de koudste maand is hier het kleinst (zomer 16,9 °C; winter 3 °C). Juli en augustus zijn gemiddeld de warmste maanden; januari en februari de koudste maanden.

In Figuur 4.3.1 en Figuur 4.3.2 worden de gemiddelde temperatuur en neerslag voor de periode 1971 - 2000 weergegeven voor Ukkel.



Figuur 4.3.1: Gemiddelde temperatuur in Ukkel (België) voor de periode 1971-2000



Figuur 4.3.2: Gemiddelde neerslag in Ukkel (België) voor de periode 1971-2000

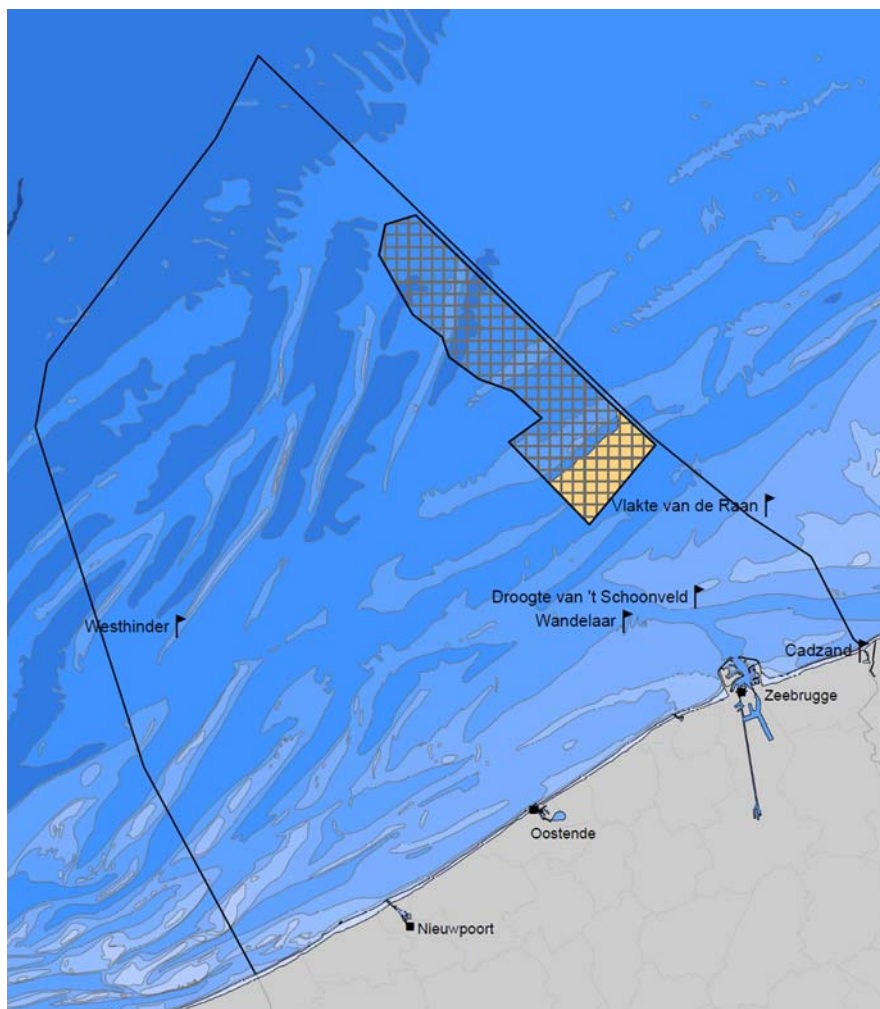
De klimaatskarakteristieken die heersen aan land gelden in grote mate ook voor het klimaat ter hoogte van het geplande windpark. Op zee is er echter gemiddeld een meer constant windklimaat en een hogere windsnelheid. Op 10 km van de kust kan de windsnelheid op zee 25 % hoger zijn dan aan de kust.

De windsnelheid is afhankelijk van de lokale terreinruwheid, en dus van de toestand van het onderliggende oppervlak. Op zee is de terreinruwheid afhankelijk van de golfteestand. De hoogte van de golven hangt vooral af van de sterkte van de wind, maar ook de duur van de inwerking van de wind op het wateroppervlak en de omvang en diepte van het water zijn van belang. De golfhoogte of de terreinruwheid, op een welbepaalde plaats, kan teruggebracht worden als een directe functie van de windsnelheid.

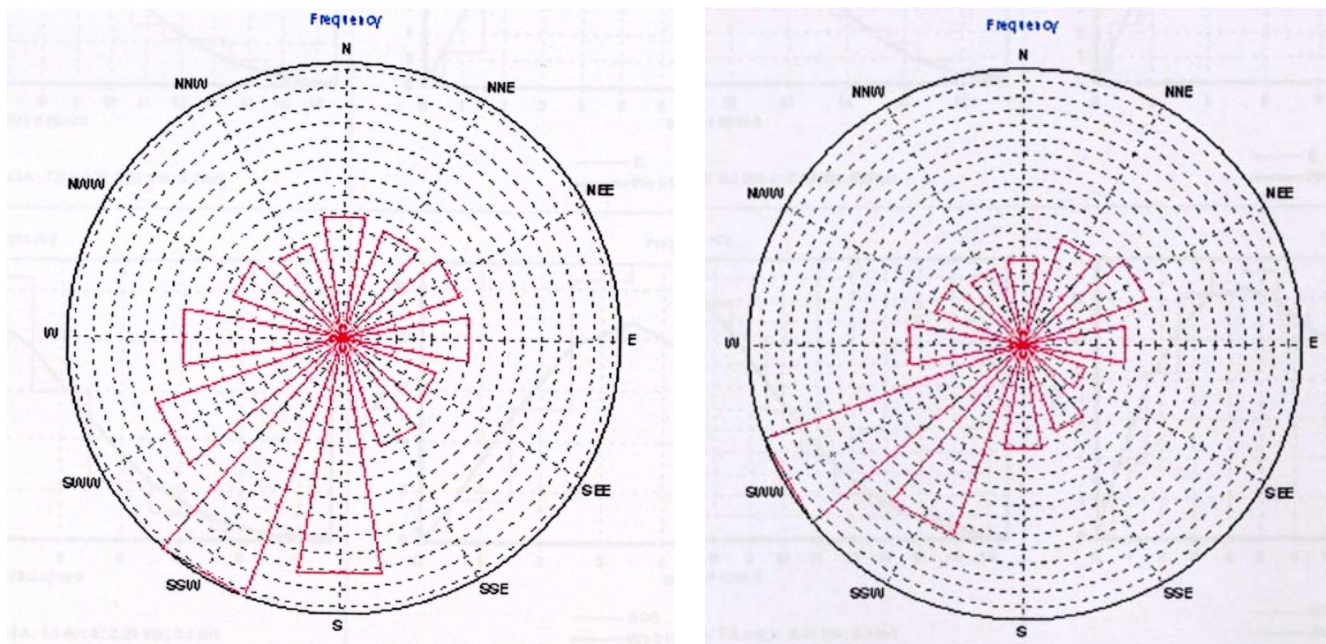
De windturbulentie zal ook langzaam toenemen voor windsnelheden boven 10 m/s. Voor locaties op zee is de afstand tot de kust bepalend voor de te verwachten gemiddelde windsnelheid. In de eerste 20 km vanaf de kust, stijgt de gemiddelde windsnelheid relatief snel met de afstand, en vanaf 20 km is deze toename klein (Van Hulle *et al.*, 2004).

Exakte windgegevens ter hoogte van het concessiegebied zijn niet voorradig. Om toch een beeld te krijgen van het windregime voor de Belgische-Nederlandse kust wordt gebruik gemaakt van een analyse op de windgegevens van 5 meetpalen voor de kust en offshore die in opdracht van C-Power door 3E werd uitgevoerd naar aanleiding van de bouw van een windpark op de Thorntonbank. Omwille van de relatief korte afstand tussen de Thorntonbank en het North Sea Power concessiegebied, wordt de synthese van deze analyse die in het MER van C-Power werd opgesteld, ook in voorliggend MER opgenomen. Er werden in deze analyse 5 meetstations geëvalueerd waarvan 1 zich bevindt langs de kust (Cadzand), drie op een afstand tussen 8 en 15 km tot de kust en één verder in zee op Westhinder (MOW7) zoals weergegeven op Figuur 4.3.3. Op basis van de windrozen voorgesteld in Figuur 4.3.4 en Figuur 4.3.5 wordt de overheersende windrichting voor de Belgische-Nederlandse kust afgeleid als (W)ZW. Er is een klein verschil in windregime tussen de kustnabije en offshore meetpalen zoals weergegeven in de individuele windrozen. De overheersende windrichting aan de kust (Cadzand) is iets zuidelijker dan de windrichting op zee. De minst

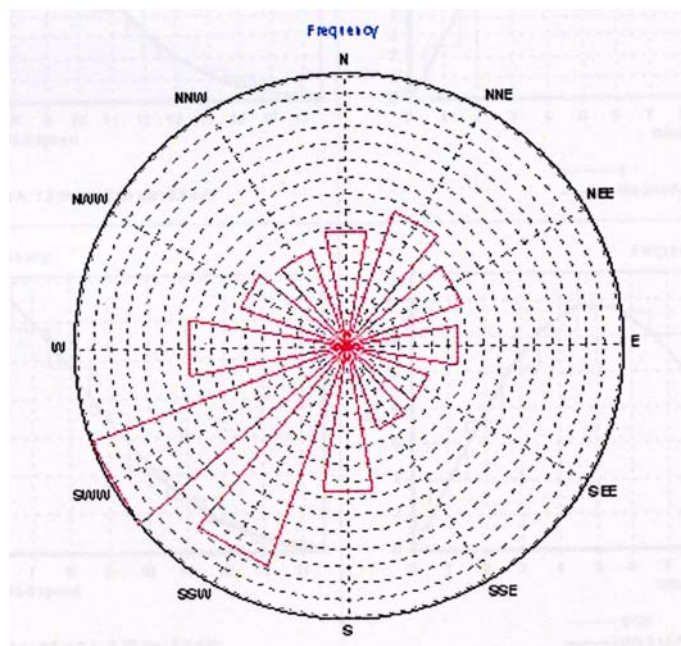
voorkomende windrichtingen zijn NW en ZO. In Figuur 4.3.6 wordt de frequentiedistributie van de windsnelheid gegeven voor de observatiepost op de Westhinder (MOW7).



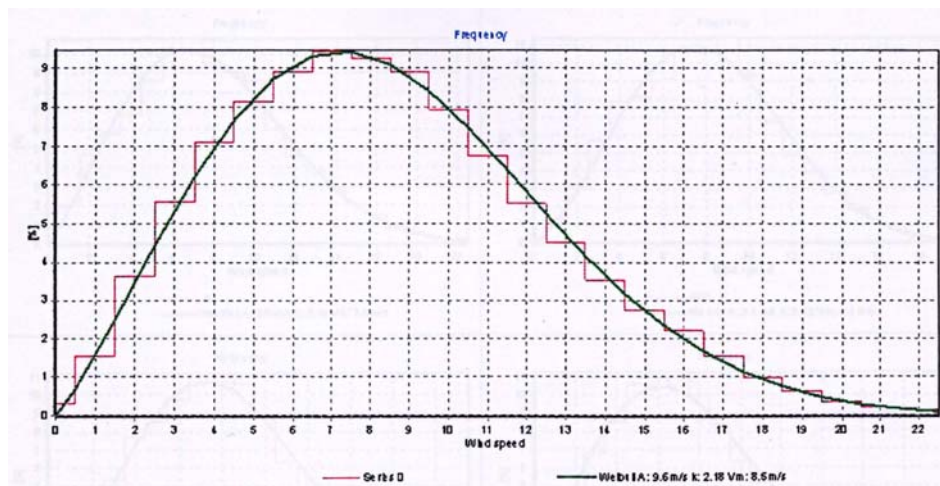
Figuur 4.3.3: Situering van de meetpalen (MER offshore windpark Thorntonbank)



Figuur 4.3.4: Links: Windroos met de gemiddelde frequentie van voorkomen van de windrichting (in %) in het meteostation van Cadzand, voor de periode maart 1991 tot mei 1998; Rechts: Windroos met de gemiddelde frequentie van voorkomen van de windrichting (in %) voor MOW7, Westhinder, op 33 km van de kust, voor de periode maart 1994 tot september 2001 (Bron: 3E)



Figuur 4.3.5: Windroos van de Nederlandse observatiepost op de Vlakte van de Raan, 16 km van de kust, voor de periode november 1988-mei 1998 (Bron: 3E)



Figuur 4.3.6: Frequentiedistributie van de windsnelheid voor MOW 7 (Bron: 3E)

De jaargemiddelden van de windsnelheid voor de 5 meetstations zijn weergegeven in Tabel 4.3.1. Algemeen kan gesteld worden dat er aan de kust een lagere windsnelheid gemeten wordt dan voor de meetstations in zee. De gemiddelde waarde bedraagt 7,7 m/s. De hoogste windsnelheid wordt gemeten op de meetpaal Westhinder met een gemiddelde waarde van 8,5 m/s voor de periode maart '94 tot september '01.

Tabel 4.3.1: Windsnelheid (gemiddelde van de jaargemiddelden) (Bron 3E)

Locatie	Meethoogte (m)	Gemiddelde windsnelheid (m/s)	Meetperiode
Westhinder	25,25	8,46	Maart '94 – sept '01
Cadzand	16,5	6,39	Maart '91 – dec '00
Wandelaar	19,2	7,84	Juni '86 – sept '01
Vlakte van de Raan	16,5	7,65	Nov '88 – dec '00
Droogte van 't Schoonveld	19,01	8,18	Maa '91 – dec '00

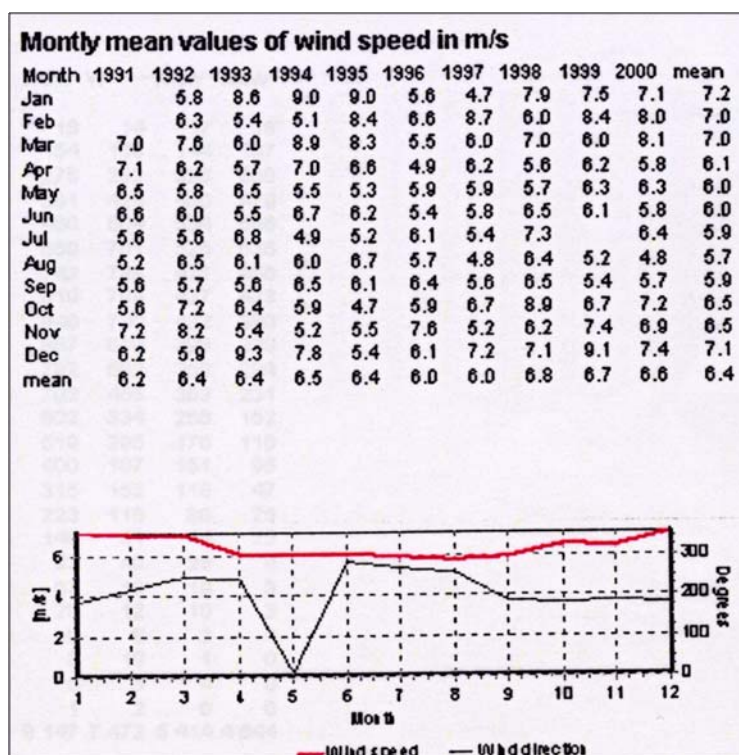
De windsnelheid neemt toe met de hoogte boven de waterspiegel volgens een logaritmische functie: de windsnelheid neemt snel toe vanaf het oppervlak, op een hoogte interessant voor windenergiegebruik wordt de gradiënt kleiner. De gemiddelde windsnelheid voor de Noordzee op verschillende hoogtes wordt gegeven in Tabel 4.3.2.

Tabel 4.3.2: Windsnelheid op open zee (>10 km van de kust) voor 5 standaard hoogtes (Bron: RISØ in Söker *et al*, 2000)

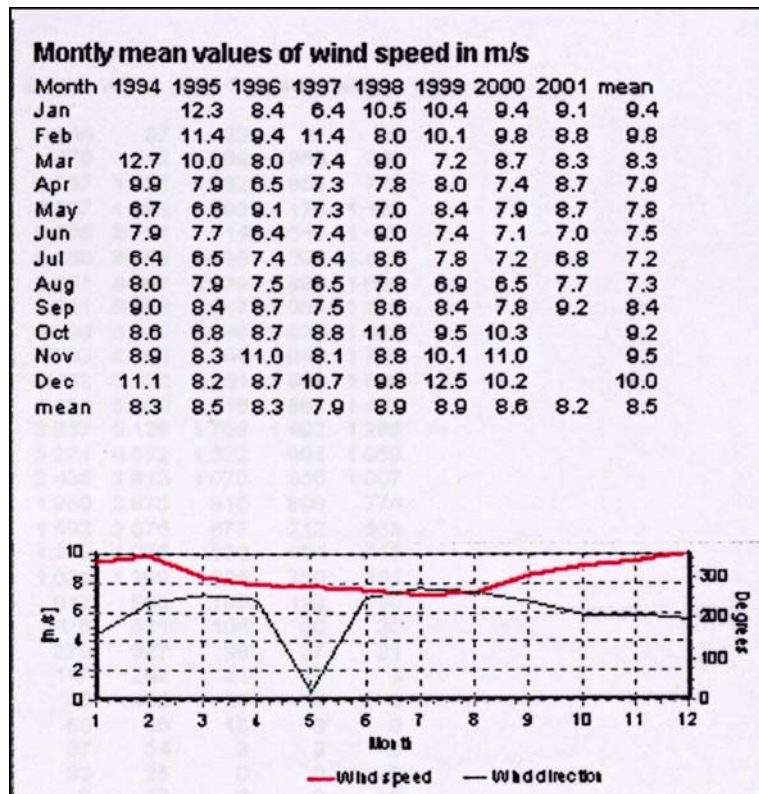
Hoogte	Windsnelheid (m/s)
10 m	7,0 – 8,0
25 m	7,5 – 8,5
50 m	8,0 – 9,0
100 m	8,5 – 10,0
200 m	9,5 – 11,0

Op basis van de beschikbare windgegevens heeft het studie bureau 3E een extrapolatie uitgevoerd, teneinde het windregime ter hoogte van de Wenduinebank op een minimale ashoogte van 70 meter te voorspellen. Op 28 maart 2002 heeft C-Power bijkomende apparatuur laten installeren op de meetpaal MOW0 (Wandelaar) om deze cijfers te valideren. De gemiddelde windsnelheid in het C-Power windpark op ashoogte bedraagt volgens deze berekeningen 8,71 m/s met een ondergrens van 8,51 m/s en een bovengrens van 8,90 m/s. Het North Sea Power windpark bevindt zich minder ver in zee en zal dus een iets ander windregime kennen.

Niet alleen de locatie heeft een invloed op de windsnelheid, ook worden er seizoenale variaties waargenomen. Dit wordt weergegeven in Figuur 4.3.7 en Figuur 4.3.8.



Figuur 4.3.7: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid gemeten in het meteostation in Cadzand



Figuur 4.3.8: Gemiddelde maandelijkse windsnelheid gemeten op Westhinder (MOW7)

Uit deze figuren blijkt dat de gemiddelde maandelijkse windsnelheid iets hoger is in de wintermaanden dan in de zomermaanden. De gemiddelde windsnelheid ligt hoger aan de Westhinder (MOW7, 8 à 10 m/s) dan in Cadzand, waar de gemiddelde windsnelheid 6 à 7 m/s bedraagt. De maximale windsnelheid kan tot 25 m/s oplopen in de wintermaanden.

4.3.3 Autonome ontwikkeling

De autonome ontwikkeling van het globale klimaat is een gegeven dat relatief moeilijk in te schatten is. Gezien de problematiek rond het broeikaseffect en de opwarming van de aarde wordt er echter veel aandacht besteed aan voorspellingen i.v.m. de klimaatsveranderingen.

De globale atmosferische concentraties van de broeikasgassen koolstofdioxide (CO_2), lachgas (N_2O) en methaan (CH_4) overschrijden tegenwoordig ruim de pre-industriële niveaus. Dergelijke concentraties werden nooit bereikt in de loop van tenminste de afgelopen 650.000 jaar (op basis van de analyse van ijskernen). De stijging van de atmosferische concentraties CO_2 en CH_4 sinds 1750 is voornamelijk te wijten aan de emissies die worden veroorzaakt door het gebruik van de fossiele brandstoffen, de landbouw en de wijziging van landgebruik. CO_2 is het belangrijkste broeikasgas van antropogene oorsprong. De concentratie in de atmosfeer is gestegen van 280 ppm (pre-industriële toestand) naar 379 ppm in 2005. De uitstoot van CO_2 van fossiele oorsprong is aanzienlijk gestegen tussen 1990 (6.4 GtC/jaar) en de periode 2000-2005 (7.2 GtC/jaar). CH_4 is gestegen van een pre-industriële concentratie van 715 ppb tot 1774 ppb in 2005. De

atmosferische concentratie stikstofdioxide (N_2O) is toegenomen van een pre-industriële waarde van 270 ppb tot 319 ppb in 2005 (IPCC, 2007).

De stijging van de atmosferische concentraties aan CO_2 , CH_4 en N_2O is veruit de belangrijkste oorzaak van de opwarming van het klimaat. In februari 2007 werd de bijdrage van Werkgroep I van het IPCC aan het 4^{de} evaluatierapport ('Climate Change 2007: The Physical Science Basis') bekend gemaakt. Dit rapport bestaat uit een stand van zaken betreffende de wetenschappelijke kennis aangaande de klimaatveranderingen, de mechanismen alsook de oorzaken ervan, de waarnemingen en de prognoses van de klimaatveranderingen in de toekomst. Die bijdrage houdt rekening met de voorafgaande evaluaties en de nieuwe wetenschappelijke resultaten die zijn verschenen sinds de publicatie van het derde evaluatierapport.

Volgens dit rapport zijn de verwachtingen voor toekomstige klimaatveranderingen als volgt:

- Tijdens de volgende 2 decennia is een opwarming van $0,2^\circ\text{C}$ per decennium voorzien, voor een groot deel van de scenario's (NB: (1) die waarde stemt overeen met de opwarming die op dit ogenblik wordt waargenomen; (2) zelfs in de – achterhaalde – hypothese van een stabilisatie van de concentraties tot het niveau van 2000 zou een opwarming van $0,1^\circ\text{C}$ per decennium onvermijdelijk zijn).
- De verwachtingen omtrent de gemiddelde wereldwijde opwarming tegen 2100 zijn sterk afhankelijk van de emissiescenario's die men bekijkt; vergeleken met de periode 1980-1999 wordt de verwachte opwarming geschat op $1,8$ [$1,1$ tot $2,9$] $^\circ\text{C}$ tot $4,0$ [$2,4$ tot $6,4$] $^\circ\text{C}$ (afhankelijk van het scenario).
- De gemiddelde wereldwijde opwarming 'in evenwicht' die verwacht wordt bij een verdubbeling van de CO_2 -concentraties, ligt vermoedelijk tussen 2 en $4,5^\circ\text{C}$, met een beste inschatting van 3°C . Het is zeer onwaarschijnlijk dat de temperatuurstijging onder $1,5^\circ\text{C}$ zal liggen. Een temperatuurstijging ver boven $4,5^\circ\text{C}$ is niet uitgesloten.
- De verwachte stijging van de zeespiegel tegen 2100 in verhouding tot de periode 1980-1999 bedraagt tussen $0,18$ en $0,8$ m (afhankelijk van het gebruikte scenario). Binnen het project Climar worden door de BMM intussen scenario's inzake zeespiegelstijging ontwikkeld die specifiek zijn voor het Belgische deel van de Noordzee.

Deze ontwikkelingen zijn het gevolg van de verwachte toename aan uitstoot van broeikasgassen, vooral CO_2 , in de atmosfeer. Het 5^{de} IPCC-evaluatierapport wordt pas in 2014 verwacht.

4.3.4 Effecten

Voor de bespreking van de effecten op het klimaat wordt hoofdzakelijk aandacht besteed aan twee aspecten, namelijk enerzijds de effecten die bijdragen tot de globale klimaatsverandering en anderzijds de effecten op het lokale windklimaat. Tenslotte zijn er de effecten die de kabel kan hebben op het lokale temperatuursklimaat.

4.3.4.1 Constructiefase

Gedurende de installatie van het windpark zullen het globale klimaat en het lokale windklimaat geen relevante effecten ondervinden.

4.3.4.2 Exploitatiefase

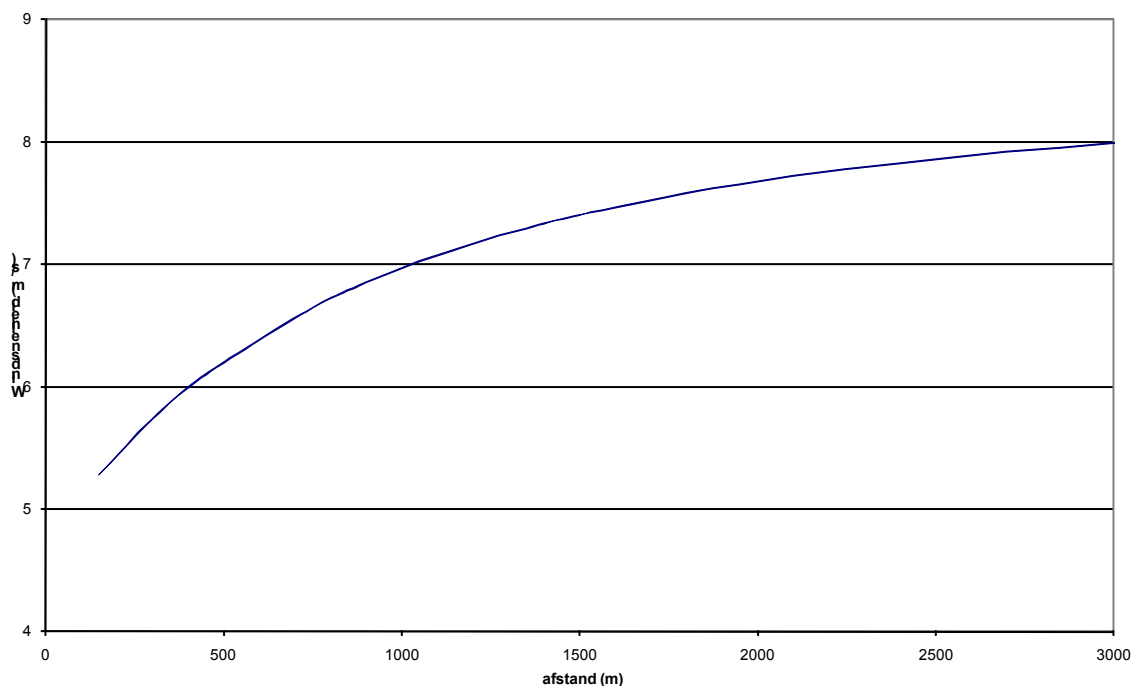
4.3.4.2.1 Globaal klimaat

De belangrijkste impact van de exploitatie van het windpark is de reductie van de emissies van broeikasgassen, die mee verantwoordelijk zijn voor de klimaatsverandering. Meer gedetailleerde info wordt beschreven in het hoofdstuk 'Atmosfeer'. De door de exploitatie van het windpark vermeden uitstoot van CO₂ werd berekend op 572 tot 1.036 kTon.

Het windpark zal slechts in zeer kleine mate bijdragen tot het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen op wereldschaal, maar zal wel een meetbare bijdrage leveren op Belgisch vlak. De effecten die deze reductie van broeikasgassen met zich mee kunnen brengen, zoals op de temperatuur van de aarde en op het zeewaterpeil, zullen te klein zijn om ze correct in te schatten. Effecten op het voorkomen van extreme situaties (stormen, strenge winters, hete zomers...) zijn nog veel moeilijker in te schatten, maar zullen even klein zijn.

4.3.4.2.2 Lokaal windklimaat

De impact van het windpark op het lokale windklimaat wordt veroorzaakt door het feit dat de windturbines een obstakel zijn voor de wind en anderzijds doordat de windturbines energie onttrekken aan de wind. Daardoor ontstaat achter de rotor een turbulente zogstroming met lagere windsnelheden. Om de opbrengst van de windturbine maximaal te houden dienen de windturbines op een zekere afstand van elkaar geplaatst te worden. In de overheersende windrichting wordt over het algemeen een tussenafstand van 5 tot 9 rotordiameters gerespecteerd. Door menging en diffusie neemt het snelheidsdeficit stroomafwaarts van de turbine af (Sanderhoff, 1993 uit EED).

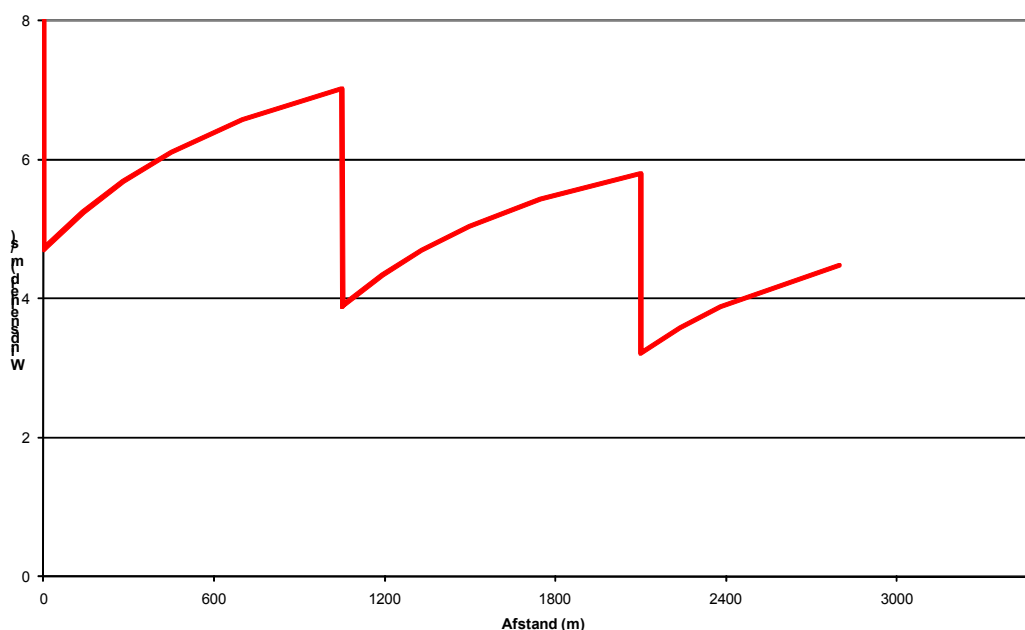


Figuur 4.3.9: Effect van een 10 MW windturbine op de lokale windsnelheid achter de windturbine

De afname van de windsnelheid achter de windturbine wordt gegeven in Figuur 4.3.9. Deze werd berekend aan de hand van een initiële windsnelheid van 8,5 m/s, een ashoogte van 117 meter en een rotordiameter van 150 meter (typevoorbeeld 10 MW turbine). Voor de 3,6 MW (ashoogte ca. 82 meter en rotordiameter 120 meter) kent de grafiek een gelijkaardig verloop.

Uit Figuur 4.3.9 volgt dat op een afstand van 5 rotordiameters (min. afstand tussen twee rijen turbines volgens de dominante windrichting) of circa 750 m, de gemiddelde windsnelheid nog 6,64 m/s bedraagt. Het gemiddelde verlies aan windsnelheid 750 m achter de windturbine bedraagt ca. 22 %. De invloed van de windturbine op de windsnelheid blijft tot meer dan 3 km achter de windturbine merkbaar.

Het cumulatieve effect van verschillende windturbines achter elkaar wordt voorgesteld in Figuur 4.3.10.



Figuur 4.3.10: Cumulatief effect van verschillende windturbines op één rij achter elkaar (met een windrichting parallel aan de windturbines)

In Figuur 4.3.10 wordt het effect van 5 windturbines achter elkaar voorgesteld. De wind heeft net achter de eerste windturbine bijna 45 % van zijn snelheid verloren. Juist voor de tweede windturbine bedraagt de windsnelheid terug ca. 82 % van zijn initiële waarde, na de tweede windturbine neemt de windsnelheid opnieuw af met ca. 45 %, etc. De windturbines bevinden zich echter niet perfect achter elkaar zodat het effect van de eerste rij windturbines op de tweede rij kleiner zal zijn. De efficiëntie van de windturbines hangt dus af van de opstelling en de windrichting.

Een tweede factor die het lokale windklimaat beïnvloedt, is de turbulentie veroorzaakt door de windturbines. De turbulentie intensiteit verhoogt namelijk in het zog van de windturbine. Het effect van deze parameter is over een grotere afstand merkbaar dan het effect op de windsnelheid. Turbulentie is voornamelijk belangrijk voor de stressgevoeligheid van het materiaal, maar binnen het windpark heeft turbulentie eveneens een effect op de efficiëntie. Hoe dichter twee windturbines bij elkaar geplaatst zijn, hoe hoger de turbulentie. De turbulentie-intensiteit aan de kust bedraagt meer dan 10 %, op zee schommelen de waarden rond 8 %. De

turbulentie neemt in eerste instantie af met een stijgende windsnelheid om daarna terug toe te nemen door de grotere (opgewekte) golfhoogte. De turbulentie daalt bovendien met stijgende hoogte boven het wateroppervlak.

De effecten van het windpark op het lokale windklimaat zullen dus beperkt blijven tot zeer lokale effecten in en net rond het windpark.

4.3.4.2.3 Lokaal temperatuursklimaat onder invloed van de kabel

Bij het transport van elektriciteit doorheen de ingegraven kabels ontstaan kleine energieverliezen. De beperkte energie die verloren gaat, wordt omgezet in warmte. Het type kabel (gelijkstroom of wisselstroom, mono- of bipolair, gebundeld of niet gebundeld, type isolatiemateriaal, diepte waarop de kabel wordt gelegd), het spanningsniveau en de karakteristieken van de omgeving (thermische conductiviteit en weerstand) bepalen de hoeveelheid warmte die vrijkomt (Merck, 2009). Grontmij (2006a) geeft aan dat bij een maximale belasting van de elektriciteitskabels van het windpark van Katwijk de kabels zelf zullen opwarmen tot circa 60 graden. Er bestaat nog onduidelijkheid betreffende de graad van opwarming van de bodem rondom de kabel gaande van een stijging van de temperatuur van de zeebodem juist boven de kabel van 0,19 °C (BERR, 2008) tot max. 3° C (Grontmij, 2006a).

Wegens de diepteligging van de kabels zal de opwarming van de kabels voor een beperkte en zeer lokale opwarming zorgen van de zeebodem aan het oppervlak, die niet altijd te onderscheiden is van de natuurlijke fluctuaties in de omgeving (BERR, 2008). De impact kan dan ook moeilijk ingeschat worden.

Dit effect wordt gezien het beperkt temperatuursverschil en de lokale invloed als niet-significant beoordeeld.

4.3.4.3 Ontmantelingsfase

Gedurende de ontmanteling van het windpark zullen het globale klimaat en het lokale windklimaat geen relevante effecten ondervinden.

4.3.4.4 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op het klimaat

Samenvattend worden de effecten op het klimaat weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
Funderingstype	a	b		a	b
Constructiefase (inclusief bekabeling)					
Invloed op het globaal klimaat en het lokaal windklimaat	0	0	0	0	0
Exploitatiefase (inclusief bekabeling)					
Globaal klimaat	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+

Configuratie	1		2	3	
Lokaal windklimaat	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Lokaal temperatuursklimaat onder invloed van de kabel	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Ontmantelingsfase (inclusief bekabeling)					
Invloed op het globaal klimaat en het lokaal windklimaat	0	0	0	0	0

4.3.5 Leemten in de kennis

Er zijn geen windgegevens beschikbaar ter hoogte van het concessiegebied.

Omtrent de grootte van de temperatuurgradiënt rond de elektrische kabels in de zeebodem is weinig gekend.

4.3.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

De impact van het windpark op het lokale windklimaat en van de kabel op het omringende sediment blijft beperkt en er worden dan ook geen mitigerende maatregelen of compensaties voorgesteld. Door de reductie van de CO₂-emissies is de impact op het globale klimaat positief.

4.3.7 Monitoring

De windsnelheden en windrichtingen worden gedurende de exploitatie opgevolgd, conform de aanpak bij de overige windparken binnen de afgebakende Belgische zone voor windparken. Deze gegevens zouden opgeslagen kunnen worden in een databank, zodat er op lange termijn analyses kunnen gemaakt worden.

4.4 ATMOSFEER

4.4.1 Methodologie

In eerste instantie wordt een beschrijving gegeven van de actuele luchtkwaliteit boven zee, die wordt benaderd aan de hand van meetgegevens van VMM-meetstations aan en in de nabije omgeving van de kust. De meest relevante parameters in het kader van dit project zijn de algemene luchtverontreinigende componenten CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ (stof) en uiteraard ook CO₂. De actuele luchtkwaliteit wordt getoetst aan de geldende grens- en richtwaarden (luchtkwaliteitsdoelstellingen).

Vervolgens worden de mogelijke emissies als gevolg van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het windpark geïdentificeerd. De emissies waarvan verwacht wordt dat ze relevant zijn, worden gekwantificeerd. De lokale bijdrage van de emissies aan de luchtkwaliteit wordt bestudeerd zodat mogelijke gevolgen kunnen worden geëvalueerd.

Er wordt ook berekend welke emissies vermeden worden door het gebruik van windenergie i.p.v. klassieke energieproductie. De vermeden emissies worden vergeleken met de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen in het kader van het Kyoto-protocol (CO₂) en de NEC-richtlijn (NO_x en SO₂).

4.4.2 Referentiesituatie

Aan de kust zelf is slechts één VMM-meetstation gelegen waarvan de resultaten gebruikt kunnen worden voor het bepalen van de kwaliteit van de lucht boven zee. Het gaat om het station 44N002 in Zeebrugge. Ongeveer 10 km landinwaarts liggen de meetstations 44N012 - Moerkerke en 44N029 – Houtem. In deze meetstations worden de volgende componenten gemeten:

- 44N002 - Brugge (Zeebrugge) - Zeesluis: SO₂
- 44N012 - Damme (Moerkerke) - Damse weg: NO_x en PM10 (stof)
- 44N029 - Veurne (Houtem) - Westmoerstraat: SO₂, NO_x, PM10 (stof)

De meest recente beschikbare VMM-meetresultaten dateren van 2008.

4.4.2.1 SO₂

De SO₂-concentraties die in 2008 in de hoger vermelde VMM-meetstations werden gemeten, zijn terug te vinden in Tabel 4.4.1.

Tabel 4.4.1: Actuele luchtkwaliteit voor SO₂ (VMM, 2009)

Meetstation SO ₂	Gemiddelde uurwaarde (µg/m³)	Gemiddelde dagwaarde (µg/m³)
44N002 - Zeebrugge	6	6
44N029 - Houtem	2	2
Grenswaarde	350 ⁶ (max. 24 overschrijdingen per jaar)	125 ⁷ (max. 24 overschrijdingen per jaar)

⁶ Vlare II: uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

⁷ Vlare II: daggrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

De uurgrenswaarde en daggrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens werd in 2008 in beide meetstations gerespecteerd.

4.4.2.2 NO_x

De VMM-metingen in 2008 leverden voor NO_x de volgende achtergrondconcentraties op (Tabel 4.4.2):

Tabel 4.4.2: Actuele luchtkwaliteit voor NO_x (VMM, 2009)

Meetstation NO _x	Gemiddelde uurwaarde (µg/m ³)	
	NO ₂	NO
44N012 - Moerkerke	18	4
44N029 - Houtem	16	3
Grenswaarde	200 ⁸ (max. 18 overschrijdingen per jaar)	-

In beide meetstations werd de uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens gerespecteerd.

4.4.2.3 PM10 (stof)

De PM10-concentraties die in 2008 in de relevante VMM-metstations werden gemeten, zijn terug te vinden in Tabel 4.4.3.

Tabel 4.4.3: Actuele luchtkwaliteit voor PM10 (VMM, 2009)

Meetstation PM10	Gemiddelde dagwaarde (µg/m ³)	Jaargemiddelde (µg/m ³)
44N012 - Moerkerke	29	29
44N029 - Houtem	27	26
Grenswaarde	40 ⁹ (max. 24 overschrijdingen per jaar)	40 ¹⁰

De gemeten waarden voldoen in beide meetstation aan de daggrenswaarde en jaargrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens.

4.4.2.4 CO

CO wordt opgevolgd in 6 stations van het telemetrisch meetnet in Vlaanderen:

- 42N045 - Hasselt
- 42R020 - Vilvoorde

⁸ Vlarem II: uurgrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

⁹ Vlarem II: daggrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

¹⁰ Vlarem II: jaargrenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

- 42R801 - Borgerhout
- 42R841 - Mechelen
- 44R701 - Gent
- 44R750 - Zelzate

Geen enkele van deze stations situeert zich in de omgeving van de kust. Gezien de meetresultaten op de verschillende stations, ondanks de diverse locaties (voorstedelijk, stedelijk, industriegebied) weinig verschillen, kan het gemiddelde van de zes meetstations als representatief genomen worden voor het projectgebied (Tabel 4.4.4).

Tabel 4.4.4: Actuele luchtkwaliteit voor CO op 6 locaties in Vlaanderen (VMM, 2009)

Meetstation CO	8-uur gemiddelden ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	gemiddelde	maximum
42N045 - Hasselt	280	1.740
42R020 - Vilvoorde	320	1.600
42R801 - Borgerhout	310	1.720
42R841 - Mechelen	280	1.830
44R701 - Gent	320	1.820
44R750 - Zelzate	470	3.340
Grenswaarde		10.000 ¹¹ (hoogste 8-uur gemiddelde van een dag).

De luchtkwaliteit voldoet voor CO aan de grenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens.

4.4.2.5 CO₂

CO₂ is niet opgenomen in het meetprogramma van de VMM en er bestaan voor deze parameter ook geen luchtkwaliteitsdoelstellingen. CO₂ is het belangrijkste broeikasgas van antropogene oorsprong. De concentratie in de atmosfeer is gestegen van 280 ppm (pre-industriële toestand) naar 379 ppm in 2005. De CO₂-uitstoot van fossiele oorsprong is aanzienlijk gestegen tussen 1990 (6,4 GtC/jaar) en de periode 2000-2005 (7,2 GtC/jaar) (IPCC, 2007).

4.4.2.6 Evaluatie van de luchtkwaliteit

Op basis van het voorgaande kan besloten worden dat de luchtkwaliteit ter hoogte van het projectgebied voor alle relevante componenten ruimschoots aan de luchtkwaliteitsdoelstellingen voldoet.

4.4.3 Autonome ontwikkeling

Bij de autonome ontwikkeling kan gesteld worden dat:

¹¹ Vlare II: grenswaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens

- de emissies, die een gevolg zijn van het materiaalgebruik, de constructie en ontmanteling van het windpark niet zullen plaatsvinden. Bijgevolg zal er geen tijdelijke beïnvloeding zijn van de lokale luchtkwaliteit.
- de vermeden emissies als gevolg van de elektriciteitsproductie door het windpark wel zullen gerealiseerd worden. Voor de kwantificering van deze emissies wordt verwezen naar 4.4.4.2.
- de CO₂-concentraties in de atmosfeer zonder verregaande reductiemaatregelen verder zullen toenemen.

4.4.4 Effecten

Voor de bepaling van de impact van de bouw van het windpark op de luchtkwaliteit, dient enerzijds rekening gehouden te worden met de emissies die vrijkomen als gevolg van het energieverbruik tijdens de constructiefase, de exploitatiefase en de ontmantelingsfase en anderzijds met de vermeden emissies tijdens de exploitatiefase door het gebruik van windenergie i.p.v. klassieke productie, al dan niet gecombineerd met nucleaire productie.

In wat volgt wordt in de mate van het mogelijke een opsplitsing gemaakt tussen de verschillende fases, maar wat uiteindelijk telt, is de balans van energieverbruik versus energieproductie en geproduceerde versus vermeden emissies gedurende de volledige levenscyclus van het windpark (zie 4.4.4.4).

4.4.4.1 Constructiefase

De constructiefase omvat niet enkel de eigenlijke bouw van het windpark, maar begint al bij de winning van de grondstoffen die noodzakelijk zijn voor de productie van de verschillende onderdelen van de windturbines. Deze fase omvat ook de productie van de onderdelen, de eventuele premontage van de windturbines en onderdelen in een nabijgelegen haven (in dit geval Zeebrugge of Oostende), het transport naar het concessiegebied en de eigenlijke constructie van het windpark.

Een exacte inschatting van de totale emissies tijdens de constructiefase kan niet gemaakt worden. Dit heeft o.a. te maken met het feit dat door de snelle evolutie in de ontwikkeling van windturbines momenteel nog niet bekend is welk type windturbine tijdens de constructiefase zal geïnstalleerd worden en het feit dat momenteel nog niet geweten is welke vaartuigen zullen ingezet worden voor het transport; noch hoeveel transporten er zullen plaatsvinden.

Om toch een idee te krijgen van het energieverbruik tijdens de constructiefase, wordt gebruikt gemaakt van een levenscyclusanalyse (LCA) die Vestas, een producent van windturbines, in 2005 heeft uitgevoerd voor offshore en onshore windparken gebaseerd op Vestas V90-3,0 MW windturbines. In deze LCA werd rekening gehouden met de turbines, de parkbekabeling, de offshore transformator, de kabels naar de kust en de aansluiting op het elektriciteitsnet. De offshore resultaten gelden voor een park met 100 windturbines op een afstand van ca. 14 km van de kust, een gemiddelde waterdiepte van 10 meter en een monopile fundering. In de LCA werd onderscheid gemaakt tussen vier fasen:

1. de productiefase: de periode van het winnen van grondstoffen tot en met de productie van de turbineonderdelen;

2. de transport- en bouwfase: het transport van de turbineonderdelen naar de locatie en de bouw van het windpark;
3. de gebruiksfase: het gebruik en onderhoud van de windturbines gedurende een periode van 20 jaar;
4. de ontmantelingsfase: de ontmanteling van de windturbine.

Voor elk van deze fasen werd de energieconsumptie per windturbine bepaald. Tijdens de eerste twee fasen, die samen de constructiefase vormen, ziet het energieverbruik er als volgt uit:

- productiefase: 12.255 MWh
- transport en bouwfase: 477 MWh

De energieconsumptie, en de daaraan gekoppelde emissies, tijdens de productiefase zijn beduidend groter dan tijdens de transport- en bouwfase.

Bovenstaande cijfers gelden voor een Vestas V90-3,0 MW turbine en zijn niet zonder meer van toepassing voor de turbines die door Norther geïnstalleerd zullen worden. Deze zullen een groter vermogen hebben (tot 10 MW) en bijgevolg ook grotere dimensies en bovendien bevinden ze zich op grotere afstand van de kust (22 tot 30 km) in grotere waterdiepten (ca. 25 m).

De energieconsumptie tijdens de transport- en bouwfase wordt uiteraard mee bepaald door het aantal scheepsbewegingen dat noodzakelijk is voor het transport van de verschillende onderdelen naar het concessiegebied. Een raming van het aantal transportbewegingen tijdens de constructiefase wordt weergegeven in Tabel 4.4.5.

Tabel 4.4.5: Raming transportbewegingen tijdens constructiefase

	Configuratie 1	Configuratie 2	Configuratie 3
Vorbereiding bouwlocatie	57	49	30
Aanvoer funderingen	88	76	49
Aanvoer transitiestukken <ul style="list-style-type: none"> ➤ Barge of groot installatieschip 	22 of 8	19 of 8	nvt
Aanvoer erosiebescherming	29	25	14
Aanvoer windturbines, OHVS en meteomast <ul style="list-style-type: none"> ➤ Twee pontons of groot installatieschip 	44 of 15	38 of 13	25 of 9
Aanleg kabels	5	5	5
Personeel	100	100	100
<i>Totaal</i>	<i>302 tot 345</i>	<i>276 tot 312</i>	<i>207 tot 223</i>

Het juiste aantal transporten voor de bouw van het windpark is momenteel nog niet bekend, maar het lijkt er wel op dat het aantal transporten het grootst zal zijn voor het scenario met de 'kleinste' turbines (met rotordiameter ca. 120 meter).

Het Kanaal behoort tot de drukst bevaren scheepvaartroutes en er wordt dan ook verwacht dat de emissies van vaartuigen bij de constructie van het windpark slechts een zeer beperkte invloed zullen hebben op de lokale luchtkwaliteit.

4.4.4.2 Exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase zal er een beperkt energieverbruik zijn voor inspectie en onderhoud van het turbinepark. In de LCA-analyse van Vestas werd de energieconsumptie tijdens de gebruiksfase ingeschat op 117 MWh.

Het belangrijkste effect tijdens de exploitatiefase zijn evenwel de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van het windpark (800 – 1.500 GWh/jaar) niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt. In de praktijk zullen deze emissies niet strikt vermeden worden, maar zal de toename van de totale emissies afgeremd worden. De omvang van deze vermeden emissies op het land is afhankelijk van het feit of enkel klassieke of de combinatie van klassieke en nucleaire productie wordt beschouwd voor het opwekken van de netto elektriciteitsproductie van het windpark. Omwille van de onzekerheid met betrekking tot het tijdstip van de geplande uitstap uit de kernenergie, wordt met beide rekening gehouden. Voor het berekenen van de vermeden emissies wordt uitgegaan van de emissiefactoren voor klassieke thermische elektriciteitsproductie in België (VMM, 2008). De emissiefactoren voor de gecombineerde klassieke en nucleaire productie in België werden afgeleid uit deze voor de klassieke thermische productie, rekening houdend met een aandeel van 54,5 % van de nucleaire productie in de Belgische mix (EC, DTG Energy and Transport, 2008), waarbij geen emissies naar lucht voor de nucleaire productie in rekening worden gebracht.

Tabel 4.4.6: Emissiefactoren voor klassieke elektriciteitsproductie in België

		Klassieke productie (VMM,2008)	Klassieke en nucleaire productie
CO ₂	ton/GWh	720	392
SO ₂	ton/GWh	0,712	0,388
NO _x	ton/GWh	0,728	0,397

Aan de hand van deze emissiefactoren en de netto elektriciteitsproductie door het windpark werden de emissies berekend die op jaarbasis vermeden worden (Tabel 4.4.7). Als referentie zijn in deze tabel ook de totale emissies als gevolg van klassieke productie in Vlaanderen voor 2009 (VMM, 2010) opgenomen.

Tabel 4.4.7: Vermeden emissies (ton/jaar) als gevolg van de werking van het windpark

		Klassieke productie		Klassieke en nucleaire productie		Uitstoot klassieke productie Vlaanderen (2009)
		800 GWh	1.500 GWh	800 GWh	1.500 GWh	
CO ₂	ton/jaar	576.000	1.080.000	313.920	587.586	15.544.000
SO ₂	ton/jaar	570	1.068	310	582	3.428
NO _x	ton/jaar	582	1.092	317	595	10.090

De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen 3,71 % (800 GWh) tot 6,95 % (1.500 GWh) van de emissies door klassieke productie in Vlaanderen voor alle pollutanten. De jaarlijks vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke en nucleaire productie, bedragen 2,02 % tot 3,78 % van de emissies door klassieke productie in Vlaanderen voor alle pollutanten.

4.4.4.3 Ontmantelingsfase

In de LCA analyse van Vestas werd ook de energieconsumptie tijdens de ontmantelingsfase ingeschat. Deze werd bepaald op -4.751 MWh. De ontmantelingsfase heeft een positieve invloed op het energieverbruik omdat ca. 80 % van het turbinemateriaal kan worden hergebruikt. De winning van nieuwe grondstoffen wordt hierdoor beperkt.

De impact op de luchtkwaliteit als gevolg van emissies van vaartuigen die worden ingezet bij de ontmanteling is - zoals in de constructiefase - lokaal (ter hoogte van de locatie waar de windturbines staan), beperkt in de tijd en zeer beperkt in vergelijking met de totale emissies door scheepvaart in het Kanaal, zodat de negatieve impact op de luchtkwaliteit gering is (0/-).

4.4.4.4 Balans volledige levenscyclus windturbines

De energieconsumptie tijdens de verschillende fasen in de levenscyclus van windturbines wordt nog eens samengevat in Tabel 4.4.8, voor een voorbeeld-windpark van 100 3 MW-turbines.

Tabel 4.4.8: Energieconsumptie V90-3,0 MW windturbine (Vestas, 2005)

Fase	Energieconsumptie
Productiefase	12.255 MWh
Transport- en bouwphase	477 MWh
Gebruiksfase (20 jaar)	117 MWh
Ontmantelingsfase	-4.751 MWh
<i>Volledige levenscyclus</i>	<i>8.098 MWh</i>

Uit dit overzicht blijkt dat de energieconsumptie en dus ook de impact op de luchtkwaliteit veruit het grootst is tijdens de productiefase.

Zelfs indien ervan uitgegaan wordt dat de energieconsumptie van de windturbines die voor het North Sea Power-project gebruikt zullen worden, dubbel zo groot is als voor de Vestas V90-3,0 MW turbine, blijkt dat een windturbine ca. 11,5 tot 39,4 keer zijn eigen energie-input kan opleveren (186.047 tot 638.298 MWh/16.196 MWh¹²). De energierugverdiensdijd bedraagt in dat geval 6 tot 21 maanden.

In de Vestas-studie werd ook berekend hoe groot de atmosferische emissies per geproduceerde KWh zijn. De emissies voor CO₂, SO₂ en NO_x zijn opgenomen in Tabel 4.4.9.

Tabel 4.4.9: Atmosferische emissies per geproduceerde KWh (Vestas, 2005)

	Emissie (g/kWh)
CO ₂	5,25
SO ₂	0,0222
NO _x	0,0204

¹² De nettoproductie van het windpark zal 800 tot 1.500 GWh/jaar bedragen. Rekening houdend met 47 tot 86 turbines en een levensduur van 20 jaar per turbine betekent dit een productie van 186.047 tot 638.298 MWh per turbine.

Volgens het Vlaamse klimaatbeleidsplan stoot Vlaanderen gemiddeld 385 g CO₂ uit per geproduceerde kWh elektriciteit en België 307 g CO₂/kWh.

De emissies die rekening houdend met de totale energieproductie van het North Sea Power windpark (800-1.500 GWh) zullen vrijkomen, zijn opgenomen in Tabel 4.4.10. In deze tabel zijn ter vergelijking ook de vermeden emissies ten gevolge van klassieke productie opgenomen en de emissiebalans.

Tabel 4.4.10: Vermeden emissies als gevolg van de werking van het windpark

		Geproduceerde emissies North Sea Power project		Vermeden emissies (Klassieke productie)		Emissiebalans	
		800 GWh	1.500 GWh	800 GWh	1.500 GWh	800 GWh	1.500 GWh
CO ₂	ton/jaar	4.200	7.875	576.000	1.080.000	-571.800	-1.072.125
SO ₂	ton/jaar	18	34	570	1.067	-552	-1.033
NO _x	ton/jaar	16	31	582	1.092	-566	-1.061

Uit Tabel 4.4.10 kan afgeleid worden dat het North Sea Power-project voor alle relevante componenten aanleiding geeft tot een reductie van de emissies in vergelijking met klassieke energieproductie. Indien de elektriciteitsproductie door dit windpark effectief aanleiding zou geven tot een equivalente vermindering van de elektriciteitsproductie op land door middel van klassieke thermische productie, zal dit leiden tot een significant positief effect op de luchtkwaliteit op het land in het algemeen en het broeikaseffect en de zure depositie in het bijzonder. In werkelijkheid zal het project wellicht enkel leiden tot een afremmen van de stijgende emissies die bijdragen tot het broeikaseffect.

De positieve impact op het broeikaseffect zal op wereldschaal verwaarloosbaar zijn (zie ook deel 'klimaat'), maar de emissiereductie is niet onbelangrijk in het licht van de Belgische reductiedoelstellingen voor CO₂. De Kyoto doelstelling voor België is een reductie van de uitstoot van broeikasgassen tot 130,5 miljoen ton CO₂ equivalent (Nationaal Klimaatplan 2002-2012). De effectief vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen 0,44 % tot 0,82 % van dit plafond, wat significant is.

Ook voor SO₂ en NO_x werden in het kader van de NEC-richtlijn (2001/81/EG) reductiedoelstellingen vooropgesteld. Voor 2010 werden aan België emissieplafonds voor SO₂ en NO_x opgelegd van respectievelijk 99.000 en 176.000 ton/jaar. De effectief vermeden emissies, berekend op basis van de emissiefactoren voor klassieke productie, bedragen respectievelijk 0,58 tot 1,08 % van het emissieplafond voor SO₂ en 0,33 tot 0,62 % van het emissieplafond voor NO_x, wat eveneens significant is. In de thematische strategie luchtverontreiniging van de Europese Commissie is een herziening van de NEC-richtlijn voorzien. Deze herziening houdt geen aanpassing in van de emissieplafonds van 2010, maar wel dat emissieplafonds zullen opgelegd worden voor 2020. De herziening van de NEC-richtlijn werd nog niet afgerond.

4.4.4.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op de atmosfeer

Samenvattend worden de effecten op de atmosfeer weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van

toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	a	b		a	b
Constructiefase (inclusief bekabeling)					
Emissies tijdens de assemblage van de turbines	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Emissies tijdens de transport- en bouwphase van het windpark	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Exploatiefase (inclusief bekabeling)					
Emissies ten gevolge van inspectie en onderhoud van het turbinepark	0	0	0	0	0
Vermeden emissies op het land	+	+	+	+	+
Ontmantelingsfase (inclusief bekabeling)					
Emissies tijdens de transport- en afbraakfase	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

4.4.5 Leemten in de kennis

De reële emissies tijdens de levenscyclus van het windpark zullen afhankelijk zijn van de finale keuze van de windturbine. Dit werd in het kader van deze MER ondervangen door extrapolatie van de gegevens van een LCA-studie van een relevante windturbine (Vestas V90). Gezien de beperkte omvang van deze emissies in vergelijking met de jaarlijks vermeden emissies als gevolg van de werking van het windpark, zal deze werkwijze de conclusies met betrekking tot de discipline atmosfeer niet significant beïnvloeden.

4.4.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

Gezien de windturbines globaal gezien verantwoordelijk zijn voor een significante emissiereductie in vergelijking met klassieke centrales op land en de impact op de luchtkwaliteit tijdens de constructie- en ontmantelingsfase beperkt blijft, dringen mitigerende maatregelen en compensaties met betrekking tot de discipline atmosfeer zich niet op.

4.4.7 Monitoring

Gezien de verwachte impact op de luchtkwaliteit globaal gezien positief zal zijn, dient geen monitoring van de kwaliteit van de omgevingslucht te gebeuren.

4.5 GELUID & TRILLINGEN

Voor de evaluatie van de geluidsimpact wordt het omgevingsgeluid en het specifieke geluid t.g.v. het project beoordeeld onder water, boven water, ter hoogte van de kustlijn op ongeveer 20 à 30 km afstand van de grenzen van het projectgebied dat gelegen is ten zuidoosten van de Thorntonbank langs de grens met Nederland. De noordelijke grens van het projectgebied ligt op ca. 1 km van de domeinconcessie van C-Power nv.

Wegens bevoegdheidsoverschrijdende effecten wordt ter volledigheid ook een beoordeling gedaan ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen gelegen in de woonkern van Zeebrugge (op ca. 26 km).

Na de beschrijving en de beoordeling van de effecten wordt onderzocht of er milderende maatregelen kunnen worden voorgesteld in geval van significante geluidshinder, welke leemten er bestaan in de kennis en welke monitoring er het beste kan worden uitgevoerd.

4.5.1 Methodologie

4.5.1.1 Beschrijving van de referentiesituatie

Ten behoeve van de referentiesituatie wordt de huidige situatie van het geluidsklimaat beschreven. Het huidige geluidsklimaat wordt besproken op 4 plaatsen namelijk boven water, onder water, aan de kustlijn en ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen. Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen wordt het huidige geluidsklimaat op land getoetst aan de milieukwaliteitsnormen van VLAREM-II (enkel ter volledigheid van de studie, want de studie is een federale aangelegenheid en geen Vlaamse).

Voor de bespreking van het oorspronkelijke omgevingsgeluid wordt gesteund op literatuurgegevens en informatie uit andere MER's.

4.5.1.2 Beschrijving van de geplande situatie

De specifieke geluidsbijdrage van het project wordt bepaald voor de constructie- en exploitatiefase, de bekabeling en de ontmantelingfase.

Ten behoeve van de constructie- en de ontmantelingfase worden de geluidsbijdrages van het in te zetten machinepark bepaald voor de 3 funderingsalternatieven (monopile, jacket en gravitaire fundering) steunende op gegevens van de opdrachtgever. De immissierelevante geluidsvermogenenniveaus van het in te zetten machinepark tijdens de constructie- en ontmantelingfase en de bekabeling worden gebaseerd op ervaringswaarden uit andere MER's.

Ten behoeve van de exploitatiefase worden de 3 technologische configuratiealternatieven (zie ook projectbeschrijving) voor het North Sea Power windpark besproken. Samenvattend wordt voor de park layout rekening gehouden met een vermogensrange van 3 MW tot 10 MW per turbine (met een totaal geïnstalleerd vermogen in de range van ca. 300 tot 420 MW), waarbij de Siemens SWT-3,6-120 turbine (3,6 MW), de 6M REpower turbine (6,15 MW) en de Britannia turbine van Clipper Windpower (10 MW) als typevoorbeelden worden uitgewerkt in het MER.

Gelet op de snelle evolutie van de technologische ontwikkelingen van windturbines en gezien de aanzienlijke tijd die de vergunningsaanvragen in beslag nemen, kan Norther zich vandaag nog niet uitspreken over de 'best beschikbare technologie (BBT)' die, tegen de tijd dat het project zich in de fase van bestelling van de turbines bevindt, beschikbaar zal zijn. Daar het type turbine nog niet vastligt en de vermogensrange van de turbines varieert tussen de 3 MW tot 10 MW, is ook het geluidsvermogen van de te plaatsen windturbines nog niet gekend. Daarom wordt gewerkt met 3 typevoorbeelden (gerelateerd aan een bepaald configuratie-alternatief), waarvoor door de opdrachtgever een geluidsvermogeniveau (LW) werd opgegeven.

Het specifieke geluid van het windpark in de exploitatiefase wordt zowel boven als onder water besproken voor de 3 configuratiealternatieven voor het windpark (86 x 3,6 MW, 74 x 6,15 MW, of 47 x 10 MW). De specifieke geluidsbijdrage boven water, naar de kustzone en ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen wordt uiteindelijk bepaald via overdrachtsberekeningen en beoordeeld t.o.v. de referentiesituatie. Onder water wordt de specifieke geluidsbijdrage bepaald op basis van literatuurgegevens en informatie uit andere MER's en beoordeeld t.o.v. de referentiesituatie.

Momenteel hebben drie andere windenergie initiatieven de nodige vergunningen om met de bouw en exploitatie te starten. Daarvan zijn C-Power en Belwind reeds effectief met de bouw (en eventueel exploitatie) begonnen. In voorliggend hoofdstuk zal het effect van de worst case configuratie van Norther samen met de reeds aanwezige turbines van Belwind (55 MP x 3 MW) en C-Power (6 GBF x 5 MW) besproken worden (verder genoemd als 'Basisscenario').

In hoofdstuk 6 worden de drie reeds vergunde parken (C-Power, Belwind en Eldepasco) integraal meegenomen voor de bespreking van de cumulatieve effecten.

4.5.2 Referentiesituatie

4.5.2.1 Algemene situering

Het totale concessiegebied van Norther bedraagt ca. 44 km² (exclusief veiligheidszone). Het windpark wordt rondom voorzien van een veiligheidszone van 500 m. Onderhavig MER behandelt drie alternatieve configuraties, die zich in de eerste plaats onderscheiden in de rotordiameter van de aangewende windturbines; configuratie 1 houdt het gebruik van 86 kleine turbines in (rotordiameter ca. 120 m; vermogen 3 à 4,5 MW), configuratie 2 bestaat uit 74 middelgrote turbines (rotordiameter ca. 130 m, vermogen 5 à 6,5 MW) en configuratie 3 bestaat uit 47 grote turbines (rotordiameter ca. 150 m, vermogen 7 à 10 MW). De inplanting van de 3 configuratiealternatieven wordt weergegeven op Kaart 1.1.1, Kaart 1.1.2 en Kaart 1.1.3.

Onafhankelijk van de configuratie 1, 2 of 3 worden er steeds 2 hoogspanningsstations met een koppeling- en transformatorstation erop gebouwd.

De meest nabij gelegen woningen bevinden zich ten zuidoosten van het projectgebied op ongeveer 26 km afstand van de grenzen van het projectgebied. Deze woningen zijn gelegen in het woongebied van Zeebrugge.

4.5.2.2 Bepaling van het huidige omgevingsgeluid

4.5.2.2.1 Omgevingsgeluid onder water

Geluid gedraagt zich onder water anders dan in de lucht: de snelheid is vijf maal hoger en het geluid plant zich ook veel verder voort. Het omgevingsgeluid onder water ter hoogte van de onderzoekslocatie wordt bepaald door twee groepen geluidsbronnen, met name de natuurlijke geluiden en de antropogene geluiden. Elke groep bestaat uit tal van geluidsbronnen.

Natuurlijke geluidsbronnen

Enkele voorbeelden van natuurlijke geluidsbronnen zijn:

- wrijving van de watermassa's tegen elkaar en tegen de zeebodem (stromingen);
- wrijving van de wind tegen het wateroppervlak en de daaruit voortvloeiende energiecascades (golven, turbulentie...);
- regeninslag op het oppervlak;
- geluid van levende organismen (vissen, garnalen, zeezoogdieren...).

Antropogene geluidsbronnen

Enkele voorbeelden van antropogene geluidsbronnen zijn:

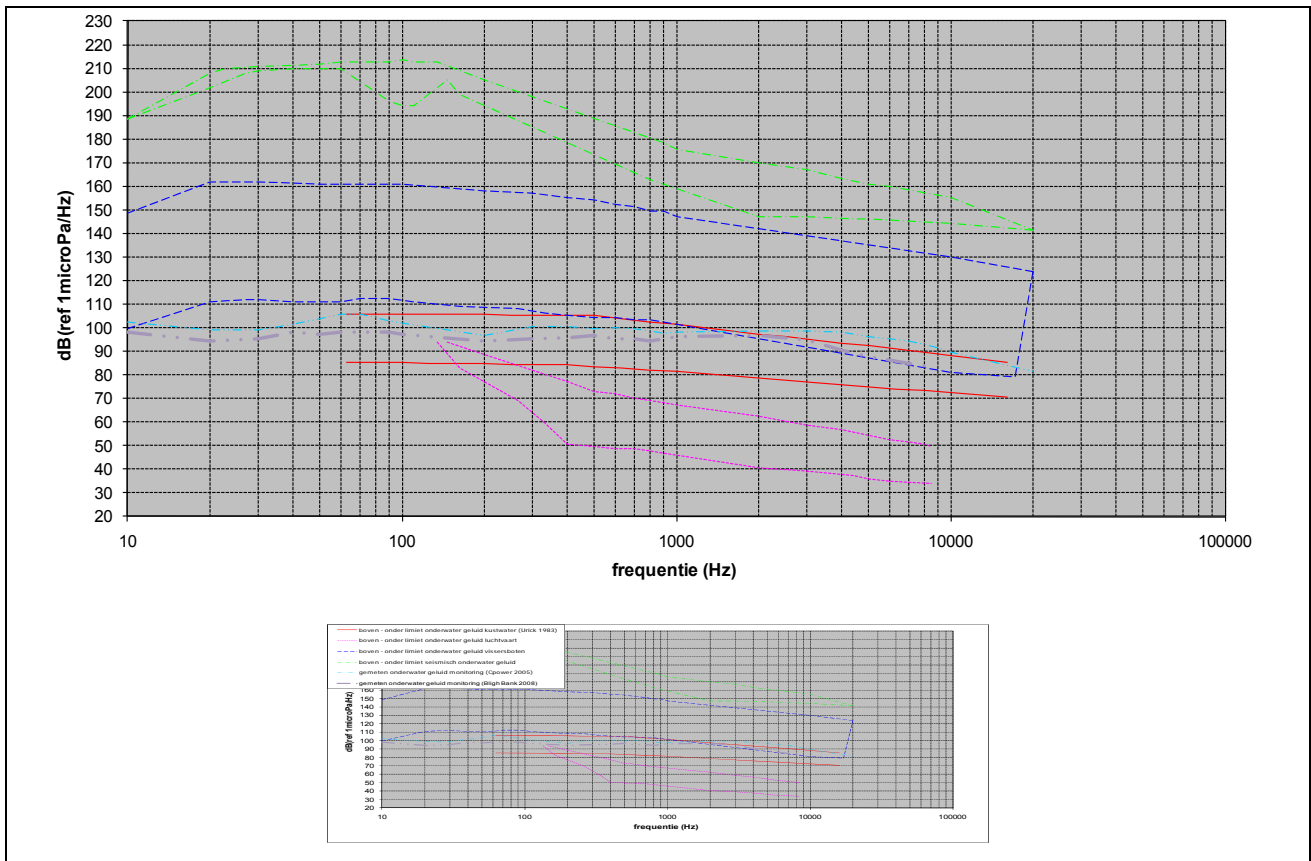
- scheepvaart;
- seismisch onderzoek;
- luchtvaart;
- industriële activiteiten op zee (o.a. windparken, gaspijpleiding...).

De diepte is bepalend voor het omgevingsgeluid onder water. Bij een grotere diepte daalt het geluidsniveau lichtjes. In ondieper water, zoals ter hoogte van de onderzoekslocatie (ca. 25 m), ligt het achtergrondniveau hoger door de golfslag en bijgevolg door het snelstromend water. In ondiep water verdwijnen laagfrequente signalen (< 200 Hz) door interactie met de bodem, geulranden en het wateroppervlak, ook 'tunneleffect' genoemd.

Bij ondiepe waters speelt de wind een belangrijke rol in omgevingsgeluid onder water. Zo zullen bij een hogere windsnelheid de golven hoger zijn en meer geluid produceren. Ook het vallen van regendruppels op het zeeoppervlak kan hoge geluidsniveaus met zich meebrengen. Het omgevingsgeluid onder water bij een uitzonderlijke zware regenval ligt tussen de frequenties 100 en 1000 Hz, zo'n 10 dB (re 1 μ Pa¹³) hoger dan het normale maximum omgevingsgeluid onder water (Heindsman *et al.*, 1955). Bij storm kan het natuurlijke aanwezige achtergrondniveau tot meer dan 100 dB (re 1 μ Pa) bij 30 Hz en 85 dB (re 1 μ Pa) bij 16 kHz stijgen (Near shore windpark, 1999).

Aan de hand van talrijke metingen van het omgevingsgeluid onder water in de Noordzee door Urick (1983), werd er een boven en beneden limiet van het omgevingsgeluid onder water gevonden (Figuur 4.5.1).

¹³ De logaritmische schaal van het geluidsvermogen (L_p) wordt als volgt gedefinieerd: $L_p = 20 \log (P/P_0)$. Onder water is de referentiewaarde P_0 gelijk aan 1 μ Pa terwijl in lucht een referentiewaarde van 20 μ Pa wordt gebruikt. In de lucht wordt het logaritmische geluidsvermogen dikwijls in 'dB(A)' weergegeven, waarbij een frequentiecorrectie in verband met de gevoeligheid van het menselijk oor is toegepast. Om het volledige frequentiebereik onder water te karakteriseren wordt er een lage frequentie (bv 30Hz) en een hoge frequentie (bv 16 kHz) weergegeven.



Figuur 4.5.1 : Natuurlijke en menselijke geluidsbronnen van het omgevingsgeluid onder water

Het geluid en de trillingen van scheepsmotoren vormen één van de belangrijkste geluidsbronnen van menselijke oorsprong. Het geluid en de trillingen vanuit de machinekamer, het propellerlawaai en het geluid afkomstig van de stromingen zorgen voor een verhoging van het omgevingsgeluidsniveau onder water. Het kanaal tussen Engeland en het vaste land wordt in de literatuur als een 'hot-spot' beschouwd voor het onderwatergeluid, veroorzaakt door de grote dichtheid van de scheepvaart. Op 100 m afstand werd een geluid van een aantal kleinere schepen tussen 1 kHz tot 15 kHz gemeten van 100 dB (re $1\mu\text{Pa}$) tot 115 dB (re $1\mu\text{Pa}$) (Verboom, 1991). Figuur 4.5.1 geeft de minimale en maximale geluidsniveaus weer van vissersschepen gemeten op 1 m afstand van het schip (Near shore windpark, 1999). Het scheepsgeluid kan propageren over een grote afstand (zelfs 16 km) zonder noemenswaardige verzwakking. Het geluidsniveau veroorzaakt door het voorbijvaren van een schip zorgt echter maar voor een tijdelijke verhoging van het geluidsniveau.

Het onderzoek naar het brongeluid (breedband) dat bij baggeren geproduceerd wordt, gaf resultaten van 172 tot 185 dB (re $1\mu\text{Pa}$ @ 1 m), met pieken rond 100 Hz. Bij een andere studie werd een brongeluid berekend van maximum 177 dB (re $1\mu\text{Pa}$ @ 1 m), de piekfrequenties lagen tussen 80 en 200 Hz. Op 430 meter en 1500 meter afstand van een baggerschip werden geluidsniveaus van 138 respectievelijk 131 dB (re $1\mu\text{Pa}$ @ 1 m) gemeten (BMM, 2007c).

Bij het seismisch onderzoek naar de bodemgesteldheid van de zee, op zoek naar olie en gas, gebruikt men luchtkanonnen ('airguns'). Deze geven een reeks laagfrequente krachtige geluidsgolven (Figuur 4.5.1) die ter hoogte van de bron (op 1 m) ongeveer 215 dB (re $1\mu\text{Pa}$) geven bij 100 Hz.

Daar het projectgebied onder een vliegcorridor gelegen is, kan het omgevingsgeluid onder water daarenboven beïnvloed worden door het geluid afkomstig van de luchtvaart. Figuur 4.5.1 toont het minimum en maximum geluidsniveau onder water ten gevolge van de luchtvaart.

Naar aanleiding van het windpark van C-Power op de Thorntonbank werd er een monitoring (Henriet *et al.*, 2006) van het onderwatergeluid op de Thorntonbank uitgevoerd om de referentietoestand te bepalen vooraleer het windpark geconstrueerd werd. De meest representatieve meetreeks bij gunstige weersomstandigheden (zeegang 1-2 Beaufort) gaf een gemiddeld geluidsniveau van 100 dB tussen 10 Hz en 10kHz (Figuur 4.5.1). Ook ter hoogte van de Bligh bank (n.a.v. windpark Belwind) werd er een monitoring (Haelters *et al.*, 2009) van het onderwatergeluid uitgevoerd om de referentietoestand te bepalen. Er werd een geluidsniveau tussen 95 en 100 dB tussen 10 Hz en 2 kHz gemeten (Figuur 4.5.1).

Hieruit kan er besloten worden dat het omgevingsgeluid onder water ter hoogte van de Thorntonbank en ter hoogte van de Bligh bank gelegen is tussen de boven- en onderlimiet van Urick, tussen 90 en 100 dB (re 1µPa) in het frequentiegebied 100 Hz tot enkele kHz in ondiepe kustwateren (Urick, 1983).

Een belangrijke opmerking is dat het omgevingsgeluid ook seizoenaal gebonden is, zo kan het geluid in de zomer tot 7 dB hoger zijn dan in de winter. Dit kan het gevolg zijn van een verschil in scheepsdensiteit, in weersomstandigheden, in stromingen, in biologische activiteit of in propagatie.

4.5.2.2.2 Omgevingsgeluid boven de waterspiegel in volle zee (offshore)

Van het op water heersende omgevingsgeluid is weinig bekend. Geluidsmetingen op het water zijn namelijk moeilijk te meten door het bijkomende lawaai van de golven tegen de meetboot. Boven water zal het omgevingsgeluid vooral bepaald worden door het geluid van watervogels en vliegtuigen. Gezien het windpark onder een luchtvaartcorridor ligt, werd ter indicatie van het omgevingsgeluid boven water, het omgevingsgeluid van op het land onder dezelfde corridor gebruikt. In 'het onderzoek naar het stiltekarakter van gebieden' van de universiteit Gent in opdracht van AMINAL 1 (Decloedt *et al.*, 1998) werden er omgevingsmetingen uitgevoerd nabij de kust rond het Zwin, die onder dezelfde vliegcorridor gelegen is. Op basis van deze omgevingsmetingen wordt het omgevingsgeluid boven water geraamd op 35 ± 5 dB(A).

Momenteel zijn er 55 windturbines (3 MW) van Belwind op de Bligh Bank en 6 windturbines (5 MW) van C-Power op de Thorntonbank geplaatst. Deze aanwezige windturbines bepalen bijgevolg mee het huidige aanwezige omgevingsgeluid.

Het specifiek geluid L_{sp}^{14} van de reeds aanwezige windturbines (55 windturbines (3 MW) van Belwind en 6 windturbines (5 MW) van C-Power) wordt in de matig belastende situatie berekend aan de hand van het overdrachtsmodel IMMI 2010¹⁵ in functie van de afstand (Tabel 2.4.1).

¹⁴ L_{sp} : het specifieke geluid van een inrichting is het geluid dat enkel afkomstig is van deze inrichting (waarbij het omgevingsgeluid niet in acht genomen wordt);

¹⁵ In de berekeningen worden de geluidsbronnen (de windturbines) voorgesteld als zijnde puntbronnen waarbij het geluid zich driedimensionaal voortplant. Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met de geluidsafname t.g.v. de afstand (Dgeo), de bodeminvloed (Dbodem) die voor het gehele gebied hard (zeewater) verondersteld wordt en de luchtabsorptie (Dlucht). Voor de atmosferische attenuatie werd een temperatuur van 15 °C en 80 % relatieve vochtigheid aangenomen. De ontvangsthooft is 4 m boven het zeeoppervlak en het zeeoppervlak is voor het gehele studiegebied hard verondersteld. De bekomen resultaten gelden voor een belastende wind en er is geen meteorologische correctie (onder de meest ideale overdrachtsomstandigheden met de wind die waait van bron naar ontvanger) uitgevoerd.

Tabel 4.5.1: Berekend specifiek geluid boven water van de reeds aanwezige windturbines, in een matig belastende situatie (volgens het overdrachtsmodel IMMI)

Geluidsniveau op afstand (m)	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)	Ter hoogte van de kustlijn (op ca. 26 km)	Ter hoogte van de grens met Nederland
6 C-Power + 55 Belwind	600-1000	1100-1600	1800-2800	2700-4400	0 dB(A)	45,5 dB(A)

Kaart 4.5.1 geeft de geluidscontouren weer van het specifieke geluid boven water van de reeds aanwezige windturbines, berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel. Hieruit volgt dat het specifieke geluid van de reeds geplaatste windparken boven het projectgebied (te plaatsen North Sea Power windpark) tussen de 30 en 40 dB(A) zal zijn .

Kaart 4.5.1: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de reeds aanwezige windturbines met name de 55 turbines van Belwind (3 MW) en de 6 turbines van C-Power (5 MW) berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel

4.5.2.2.3 *Omgevingsgeluid boven de waterspiegel aan de kust (onshore)*

De wind en de golven overheersen het geluidsniveau op het strand. Volgens meerdere studies en metingen is het geluid afhankelijk van de windkracht en windrichting (de verschillende literatuurstudies worden uitbundig besproken in het MER van C-Power (Ecolas NV, 2003). De gemiddelde waarde ligt tussen 50 en 65 dB(A) op 25 m van de kustlijn.

In de kustzone zal het omgevingsgeluid verschillen van plaats tot plaats, afhankelijk van de verkeerssituatie, de vegetatie, het afschermend effect van eventuele gebouwen, etc. In deze kustzone (Zeebrugge) zal ter hoogte van de woningen het geluid van de branding veel lager of niet meer hoorbaar zijn. Het achtergrondgeluidsniveau ter hoogte van de woningen (voornamelijk dan gedurende de nacht) zal dus meestal lager liggen dan het achtergrondgeluidsniveau aan de kustlijn. Uit oriënterende metingen aan de Polders in Nederland (Provincie Zeeland, 1998) blijkt dat het omgevingsgeluid langs de Noordzee gemiddeld tussen de 30 en 40 dB(A) ligt, gedurende de nachtperiode (de meest kritische periode door de afwezigheid van menselijke activiteiten).

Volgens het gewestplan bestaat de dichtst bijgelegen kustzone met woningen uit woongebied en natuurgebied. Indien als referentiesituatie de VLAREM II milieukwaliteitsnormen genomen worden voor het woongebied en natuurgebied, worden de strengste richtwaarden (nacht) respectievelijk 35 en 30 dB(A) aangenomen.

Uit bovenstaande Tabel 2.4.1 volgt dat het omgevingsgeluid ter hoogte van de kustlijn niet beïnvloed zal zijn ten gevolge van de reeds bestaande windparken in een matig belastende situatie (Lsp ter hoogte van kustlijn is = 0 dB(A)).

4.5.2.2.4 *Besluit referentiesituatie discipline geluid*

Onder water ligt het natuurlijk achtergrondgeluidsniveau ongeveer tussen 90 en 100 dB (re 1 μ Pa) in het frequentiegebied 100 Hz tot enkele kHz. Natuurlijke geluiden zijn hierin de belangrijkste bijdrage. Voorbijvarende schepen kunnen echter wel voor een tijdelijke verhoging van het geluidsdrukkniveau (110-120 dB (re 1 μ Pa)) in hetzelfde frequentiegebied zorgen.

Boven water wordt het achtergrondgeluidsniveau (LA95¹⁶) geraamd op 35 ± 5 dB(A).

Uit literatuurgegevens blijkt dat aan de kustlijn het achtergrondgeluidsniveau tussen 50 en 65 dB(A) ligt op 25 m van de kustlijn. Dit geluidsdrukkniveau is afhankelijk van de windrichting en windsnelheid.

Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen ligt het achtergrondgeluid tussen de 30 en 40 dB(A).

4.5.3 **Autonome ontwikkeling**

Op het gebied van geluid is er globaal gezien geen significante verandering te verwachten bij de autonome ontwikkeling van het gebied. Het onderwatergeluid zal weinig evolueren doordat er geen noemenswaardige toename van de scheepvaart verwacht wordt in het ondiepe kustwater ten zuiden van het projectgebied. Enkel de constructie en de exploitatie van de windparken van C-Power (Thorntonbank), Belwind (Bligh Bank) en Eldepasco (Bank zonder naam) zullen voor een verandering zorgen. De cumulatieve effecten van de 4 windparken worden verder besproken onder hoofdstuk 5 'Cumulatieve effecten'.

4.5.4 **Effecten**

4.5.4.1 **Constructiefase**

4.5.4.1.1 *Identificatie van de relevante geluidsbronnen*

Er zijn drie types funderingen die voor dit project kunnen gekozen worden: de monopile fundering, de jacket fundering en de gravitaire fundering. De windturbines en/of funderingen worden zoveel mogelijk geprefabriceerd aan wal en vervolgens getransporteerd naar het projectgebied, waar de funderingselementen op de correcte plaats ingeheid (monopile en jacket fundering) of geplaatst (gravitaire fundering) zullen worden.

De monopile of de jacket fundering zullen verscheept worden met een transportponton of een installatieschip waarna ze met een kabelkraan de monopile of de jacket fundering op de juiste locatie plaatsen en de palen in de bodem heien met behulp van een hydraulische heihamer. Dit gebeurt meestal in 2 fasen, namelijk het intrillen gevolgd door het inhameren. Voor wat de gravitaire fundering betreft wordt de inplantingsplaats van de windturbine vlakgebaggerd en wordt er een funderingsbed aangelegd. Vervolgens worden de prefab gravitaire funderingen afgezonken. Wat de specifieke aspecten van de bouwwerkzaamheden betreft, kunnen er bijgevolg 2 significante geluidsbronnen onderscheiden worden die voor een mogelijke toename van de geluidsemisseries zorgen:

- heien van de funderingen (voor monopile en de jacket fundering);
- baggeren;

¹⁶ LA95,T: het A-gewogen geluidsdrukkniveau dat gedurende 95 % van het tijdsinterval T wordt overschreden

- scheepsverkeer.

A. Onder water

Bij de aanleg van het windpark zal vooral door het heien van de funderingen voor de turbines (monopile en de jacket fundering) een tijdelijke verhoging van de geluidsbelasting onder water in de omgeving voorkomen. Tijdens het heien komen er tussen de 30-60 slagen per minuut met elke slag een duur tussen de 50 en 100 ms voor (ARCADIS Belgium, 2008). Het impulsgeluid (niet continue geluid) van het heien kan op 3 manieren worden overgedragen naar het water, namelijk indirect vanuit de lucht naar het water, direct via de paal en in mindere mate indirect via de bodem. Het geluidsdrukniveau onder water ten gevolge van het heien van palen is bijgevolg sterk afhankelijk van de diameter en de lengte van de paal.

De geluidsniveaus van heien die in de literatuur worden weergegeven zijn moeilijk te vergelijken met elkaar daar ze in verschillende eenheden worden uitgedrukt¹⁷, de geluidsniveaus op verschillende afstanden werden gemeten en er ook andere formules gebruikt worden voor de attenuatie¹⁸ afhankelijk van de specifieke bathymetrie ter hoogte van de onderzoekslocaties.

Onderstaande Tabel 4.5.2 geeft enkele geluidsniveaus met hun respectievelijke eenheid en referentie weer.

Tabel 4.5.2: Geluidsniveaus onder water van heiactiviteiten op verschillende locaties uit verschillende literatuurstudies

geluids-niveau	eenheid	attenuatie	geluidsniveau op 500 m	locatie	diameter funderingspaal	ref
243	dB p-p re 1 μ Pa	20logR - 0,002R	188	Kentish Flats, UK	Φ 4,3 m	nedwel et al, 2007
249	dB p-p re 1 μ Pa	17logR - 0,0011R	203	North Hoyle, UK	Φ 4 m	nedwel et al, 2007
257	dB p-p re 1 μ Pa	20logR - 0,003R	202	Scroby Sands, UK	Φ 4,2 m	nedwel et al, 2007
252	dB p-p re 1 μ Pa	18logR - 0,0003R	203	Barrow	Φ 4,7 m	nedwel et al, 2007
249	dB p-p re 1 μ Pa	21logR - 0,0047R	192	Burbo Bank	Φ 4,7 m	nedwel et al, 2007
250	dB p-p re 1 μ Pa	23logR - 0,007R		Burbo Bank	Φ 4,7 m	nedwel et al, 2007
242-249	dB re 1 μ Pa (rms)	tussen 21log R en 23logR	185-192	OWEZ nabij Egmond aan Zee,	Φ 4,6 m	de haan et al, 2007
228	dB 0-p re 1 μ Pa		179,5*	Frisia Duitsland	Φ 1,5 m	thomson et al, 2006
270,7	dB p-p re 1 μ Pa	27,4logR - 0,0004R		Bligh Bank, België	Φ 5 m	Norro et al, 2010

(Nota *: op 400 m)

Algemeen kan er gesteld worden dat alle metingen in dezelfde grootte orde liggen. Dit wordt zo gesteld in de verschillende literatuurstudies waaronder de studie van Huddleston (2010) die ook deze verschillende metingen vergelijken.

Uit de literatuurstudie van Nedwell *et al.* (2007) waarin er een aantal metingen op eenzelfde manier vergeleken worden, volgt dat er gemiddeld een geluidsniveau van 250 dB_{p-p} (re 1 μ Pa @ 1 m) aanwezig is tijdens het heien.

Uit andere literatuurgegevens volgt dat er op een afstand van 30 m een peak geluidsdrukniveau van 205 dB_{0-p} (re 1 μ Pa) werd gemeten (Utgrunden Zweden, diameter paal 3 m en lengte paal 34 m) (Thomson *et al.*,

¹⁷ dB_{p-p}: peak to peak: druk P1 is van het hoogste tot het laagste punt van de drukgolf

dB_{0-p}: zero to peak: druk P1 is van 0 tot het hoogste punt van de drukgolf (amplitude)

dB_{rms}: Root mean square van de druk gedeeld door de tijd van het signaal

dB_{SEL}: Sound exposure level: gemiddeld geluidsniveau over 1 s

algemeen volgt dat voor een sinusgolf: dB_{SEL} < dB_{rms} < dB_{0-p} < dB_{p-p} met dB_{rms} = dB_{0-p} - 3dB = dB_{p-p} - 9 dB

¹⁸ LR = SL - TL met LR = geluidsniveau op een afstand R;

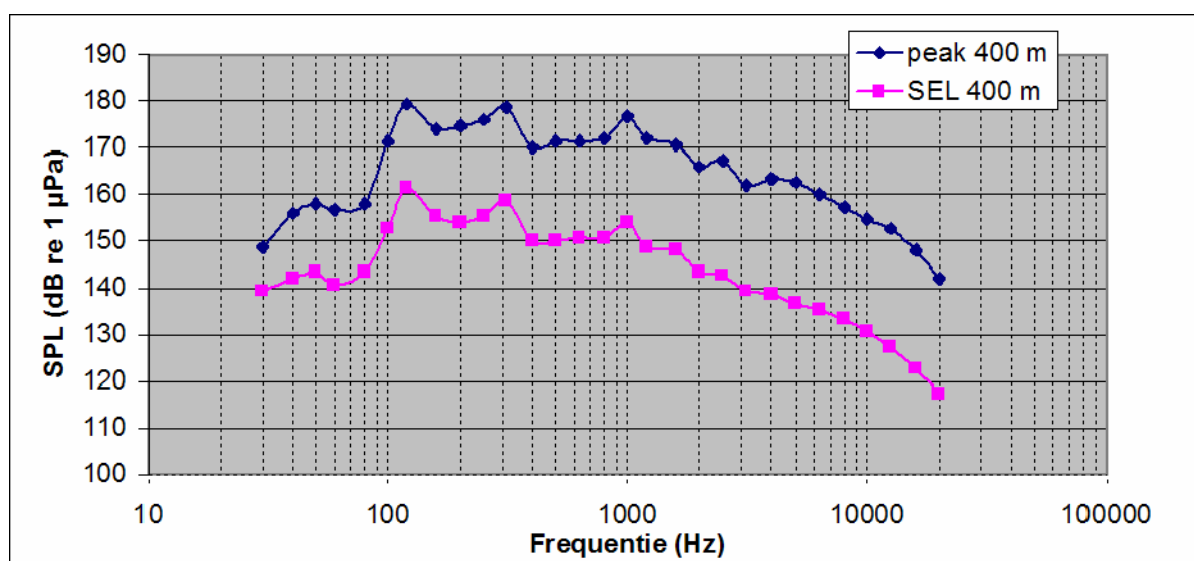
SL = sound level = brongeluidsniveau

TL = transmission loss = attenuatie = N.log R of = N . log R - α R (met N=factor voor geometrische uitbreiding en α = absorptiefactor)

2006). In deze meting was er op 30 m een SEL¹⁹ tussen de 140 en 180 dB (re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) met een piekwaarde bij 250 Hz gemeten.

In diezelfde literatuurstudie van Thomson *et al.*, (2006) worden ook de meetresultaten van het heien van palen in Duitsland (diameter paal 1,5 m en lengte 30 m) weergegeven waaruit volgt dat op een afstand van 1 m van de paal er een peak geluidsdrukniveau van 228 dB_{0-p} (re 1 μPa) werd gemeten. Figuur 4.5.2 geeft de meetresultaten weer van deze heiactiviteiten op 400 m afstand. Opnieuw worden er piekwaarden vastgesteld bij 125 en 315 Hz. De peak geluidsdrukniveaus zijn gemiddeld 20 dB hoger dan de SEL die hier op 400 m van de paal tussen de 120 en 160 dB (re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) liggen. In deze literatuurstudie werd er besloten dat er voor het weergegeven spectrum in Figuur 4.5.2 per 1/3 octaafband 10 dB dient opgeteld worden om een representatiever resultaat te bekomen voor windparken die in de nabije toekomst zullen gebouwd worden (anno 2006). Uit deze Figuur 4.5.2 blijkt ook dat de pieken in het spectrum zich vooral tussen 100 en 1000 Hz bevinden.

In een samenvattende studie van Nedwell & Howell (2004) werden er verschillende opmetingen van het onderwatergeluid tijdens het heien vergeleken. Hier werd er besloten dat er kan aangenomen worden dat er een SEL¹⁹ tussen de 210 en 215 dB (re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) met een piekwaarde bij 250 Hz gemeten kan worden op een afstand van 1 m van de funderingspaal. Dit komt ongeveer overeen met een peak geluidsdrukniveau (SPL) tussen 192 en 261 dB (re 1 μPa) op 1 meter afstand (Nedwell & Howell, 2004), afhankelijk van de diameter van de paal, de geologie en de bathymetrie van het windpark.



Figuur 4.5.2 : Onderwatergeluidsniveau opgemeten tijdens heiactiviteit Duitsland (Thomson *et al.*, 2006)

Voor het plaatsen van een gravitaire fundering dient de toplaag van de zeebodem weggebaggerd te worden. In de samenvattende studie (Nedwell & Howell, 2004) werd het spectrum van 2 baggerschepen

¹⁹ SEL: sound exposure level: gemiddeld geluidsniveau over 1 seconde; dit wordt gemeten door de som van de energie die vrijkomt bij een impuls geluid (bijvoorbeeld heien) te nemen en bijgevolg het niveau te berekenen van een continue geluid over 1 seconde waarbij dezelfde energie vrijkomt. De eenheid van SEL wordt uitgedrukt in dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$.

weergegeven waaruit volgt dat de pieken in het spectrum zich vooral tussen 80 en 200 Hz bevinden en er een maximum op 1 m van 177 dB (re 1 μ Pa) voorkomt in deze frequentiezone.

Door de constructiefase zal er onafhankelijk van het gekozen funderingstype een toename zijn van de scheepvaart. In punt 4.5.2.2 van dit MER werd al aangetoond dat voorbijvarende schepen lokaal een belangrijke tijdelijke verhoging van het omgevingsgeluid onder water van 110 tot 120 dB (re 1 μ Pa) (afhankelijk van het schip), in het frequentiegebied 100 Hz tot enkele kHz, met zich meebrengen. Het scheepsgeluid kan propageren over een grote afstand (zelfs 16 km) zonder noemenswaardige verzwakking.

Wanneer er een erosiebescherming moet geplaatst worden (bij monopile fundering en gravitaire fundering) zal dit gebeuren met een specifiek schip daarvoor. Ook het plaatsen van de kabel gebeurt met een specifiek schip.

B. Boven water

Bij de aanleg van het windpark zal vooral door het heien van de funderingen voor de turbines een tijdelijke verhoging van de geluidsbelasting in de omgeving voorkomen. Het bronvermogen van een heiblok wordt bepaald door de klap van het blok op de heipaal. Dit geeft een duidelijke piek in de geluidsbelasting. Voor het heien van de monopile of jacket fundering zal er gebruik gemaakt worden van een hydraulisch heiblok. Het geluidsvermogen van een hydraulische heihamer is volgens literatuurgegevens 115 dB(A) (Near shore windpark, 1999). De bronvermogens kunnen worden gereduceerd door bijvoorbeeld het aanbrengen van een geluidsdempende mantel om het heiblok. Dit geeft een geluidsreductie van ongeveer 14 dB(A) (bronvermogen van hydraulische heihamer met mantel: ca. 101 dB(A)).

4.5.4.1.2 Berekening en beoordeling van het specifieke geluid

A. Onder water

Uit voorgaande volgt dat het geluidsdrumniveau onder water veroorzaakt door heien sterk afhankelijk is van de diameter en de lengte van de paal. Afhankelijk van het funderingstype zal de diameter van de paal bij een monopile tussen 5,2-6,2 m voor een Siemens SWT-3.6-120 windturbine (configuratie 1) en tussen 6,2-7,2 m voor een REpower 5M en 6M windturbine (configuratie 2) dik zijn. Voor een jacket fundering zal de diameter van de paal tussen 2,25 m voor een REpower 5M en 6M windturbine (configuratie 2) en 3 m voor een 7,5-10 MW Britannia turbine van Clipper Windpower (configuratie 3) dik zijn. Er is echter een leemte in de kennis daar er nog geen geluidsmetingen onder water werden uitgevoerd tijdens het heien van palen die dezelfde dimensies hebben (als deze die zullen geheid worden voor het North Sea Power windpark) en op plaatsen met dezelfde bathymetrie. Voor de effectbeoordeling van het geluid onder water ten gevolge van het heien wordt er van uitgegaan dat het geluid onder water van het heien van palen tot een diameter 7,2 m (monopile fundering bij configuratie 2) in dezelfde grootte orde zal liggen als bij het heien van de gemeten palen in Tabel 4.5.2.

Op 400 m afstand van de funderingspaal kan er volgens de literatuurstudie van Thomson *et al.* (2006) nog een SEL¹⁹ tussen de 130 en 170 dB (re 1 μ Pa²s) met een piekwaarde bij 250 Hz verwacht worden (Figuur 4.5.2). Bij de constructie van het Q7 windpark in Nederland werd er tijdens het heien (palen met diameter 4

m) een SEL¹⁹ gemeten van 172 dB (re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) op 1 km en ca. 157 dB (re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) op 5,7 km (De Jong & Ainslie, 2008).

In Tabel 4.5.3: wordt het berekende peak-to-peak geluidsniveau (in dB_{p-p} re 1 μPa) van het heien van funderingen op verschillende afstanden weergegeven. Het geluidsniveau werd voor verschillende funderingen (met diameter tussen 4 en 5 m, met verschillende lengte en ter hoogte van een verschillende bathymetrie) berekend met behulp van hun respectievelijke attenuatieformules die werden bepaald in de literatuurstudies van Nedwell *et al.* (2007) en Norro *et al.* (2010). Hieruit volgt dat er tijdens het heien van de funderingen op 20 km nog geluidsniveaus waargenomen kunnen worden die hoger zijn dan het achtergrondgeluidsniveau van 105 dB (re 1 μPa). Op 80 km wordt het achtergrondgeluidsniveau nagenoeg nergens meer overschreden, met uitzondering in Barrow. Er dient echter meegegeven te worden dat het geluidsniveau via extrapolatie werd berekend via een model en voor het gebied zeer dicht bij de bron en zeer ver van de bron de kans op afwijkingen van het model groot zijn.

In een rapport met betrekking tot onderwatergeluid en andere vormen van energie, dat opgesteld werd in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Mariene strategie (2008/56/EG), met als doel wetenschappelijke ondersteuning te geven aan de Europese Commissie, die als taak heeft criteria en normen te bepalen die beoordeling toelaten van de toestand van het mariene milieu (Tasker *et al.*, 2010) werd er een indicator bepaald die van toepassing is op het heien van palen onderwater. Als indicator wordt de verhouding van het aantal dagen per jaar beschouwd waarin in een bepaalde oppervlakte de antropogene geluidsbron (hier dus het heien) ofwel het SEL van 183 dB (re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$) ofwel het geluidsniveau van 224 dB_{0-p} (re 1 μPa) overschrijdt (gemeten op 1 m). De in deze studie gedefinieerde geluidsniveaus (in dB_{SEL} en dB_{0-p}) zullen bij het heien overschreden worden, maar het aantal dagen dat deze niveaus overschreden mogen worden werd tot op heden nog niet bepaald.

Er kan verondersteld worden dat het geluidsdrukkniveau onder water voor het heien van de jacket fundering (diameter 2 – 3 m) lager zal zijn dan bij het heien van de monopile (diameter 5 – 8 m), maar dat de periode waarin geheid zal worden langer zal duren voor het plaatsen van de jacket fundering.

Tabel 4.5.3: Berekend geluidsniveau op verschillende afstanden met attenuatieformule volgens Nedwell *et al.* (2007) en Norro *et al.* (2010)

geluidsniveau (dB p-p re 1 μPa)	attenuatie	locatie	diameter funderingspaal	geluidsniveau (dB p-p re 1 μPa) op bepaalde afstand (m)							
				500	1000	2000	5000	10000	20000	40000	80000
243	20logR - 0,002R	Kentish Flats, UK	Φ4,3 m	188,0	181,0	173,0	159,0	143,0	117,0	71,0	0,0
249	17logR - 0,0011R	North Hoyle, UK	Φ4 m	202,6	196,9	190,7	180,6	170,0	153,9	126,8	77,6
257	20logR - 0,003R	Scroby Sands, UK	Φ4,2 m	201,5	194,0	185,0	168,0	147,0	111,0	45,0	0,0
252	18logR - 0,0003R	Barrow	Φ4,7 m	203,3	197,7	192,0	183,9	177,0	168,6	157,2	139,7
249	21logR - 0,0047R	Burbo Bank	Φ4,7 m	192,0	181,3	170,3	147,8	118,0	64,7	0,0	0,0
270,7	27,4logR - 0,0004R	Bligh Bank	Φ5 m	196,5	188,1	179,5	167,3	157,1	144,9	128,6	104,4

Een andere geluidsbron onder water is het geluid geproduceerd door de in te zetten schepen. Het geluid afkomstig van baggerschepen is in dit opzicht het meest relevant. Op 430 m en op 1500 m van een baggerschip werd er respectievelijk een geluidsdrukkniveau van 138 dB (re 1 μPa) en 131 dB (re 1 μPa) gemeten (Nedwell & Howell, 2004). Dit gemeten transmissieverlies komt nagenoeg overeen met het berekende transmissieverlies van Thiele (2002) en zal verder onder een volgend hoofdstuk 4.5.4.2

besproken worden. Hieruit volgt dat er een verlies van 4,5 dB bij een verdubbeling van de afstand van het baggerschip zal voorkomen. Het geluid van een baggerschip kan bijgevolg tot op relatief grote afstand nog verder propageren zonder al te veel attenuatie. Er dient ook opgemerkt te worden dat ter hoogte van de exploitatiezone mogelijks een tunneleffect onder water kan voorkomen in ondiep water, waarbij de laagfrequente signalen <200 Hz verdwijnen door reflecties tegen de bodem, geulranden en het wateroppervlak.

Gezien het kanaal tussen Engeland en het vaste land een 'hot-spot' is voor het onderwatergeluid, veroorzaakt door de grote dichtheid van de scheepvaart, zullen de bijkomende scheeptransporten ten behoeve van de constructiefase van het windpark (onafhankelijk het funderingstype) geen significante hinder veroorzaken, ongeacht de keuze voor het in te zetten materiaal. Het geluidsniveau veroorzaakt door voorbijvaren van een baggerschip zorgt echter bij de keuze voor gravitaire funderingen en eventueel voor monopiles (statische erosiebescherming), voor een tijdelijke verhoging (0/-) van het geluidsniveau.

Ook voor de bekabeling zal er een tijdelijke verhoging van het geluid verwacht worden zowel boven als onder water. De invloed van de bekabeling wordt verder in hoofdstuk 4.5.4.4 besproken.

Er is een leemte in de kennis van het geluid onder water tijdens het plaatsen van de erosiebescherming. In de literatuurstudie van Nedwell *et al.* (2004) werd er slechts 1 geluidsmeting aangehaald waarbij een onder water meting werd uitgevoerd tijdens het plaatsen van een erosiebescherming ter hoogte van de Shetland eilanden. Uit deze meting bleek dat het geluid afkomstig van het plaatsen van de erosiebescherming onder het achtergrondgeluidsniveau bleef.

B. Boven water

In de MER voor Eldepasco (ARCADIS Belgium, 2008) werd het specifieke geluid op verschillende afstanden berekend volgens ISO9613 met het IMMI rekenmodel voor een hydraulisch heiblok met en zonder mantel. Hieruit volgde dat bij het hydroblok zonder mantel de 35 dB(A) contour op een afstand van 1,5 km van de bron wordt bereikt. Bij het hydroblok met mantel wordt de 35 dB(A) contour al op een afstand van 420 m van de bron bereikt. Het windpark zal echter op een afstand van 26 km van de kustlijn gelegen zijn, hierdoor zal het achtergrondgeluidsniveau op het strand niet overschreden worden. In het werfgebied zelf zal de verstoring wel belangrijk zijn door het geluid ten gevolge van het heien. Er dient echter opgemerkt te worden dat de extra geluidsbelasting niet continu is.

De funderingselementen en de windturbines worden verscheept naar de site. Door het bijkomend vrachtvervoer op zee wordt er een lokale toename van het omgevingsgeluid boven water verwacht langsheen de vaarroute. Deze tijdelijke stijging in scheepvaartverkeer zal voor tijdelijk verhoogde geluidsniveaus zorgen. De invloed van de bijkomende schepen op het totale omgevingsgeluid boven water is echter globaal verwaarloosbaar ten opzichte van de normale scheepvaart, dit ongeacht het ingezette materiaal.

4.5.4.2 Exploitatiefase

4.5.4.2.1 Identificatie van de relevante geluidsbronnen

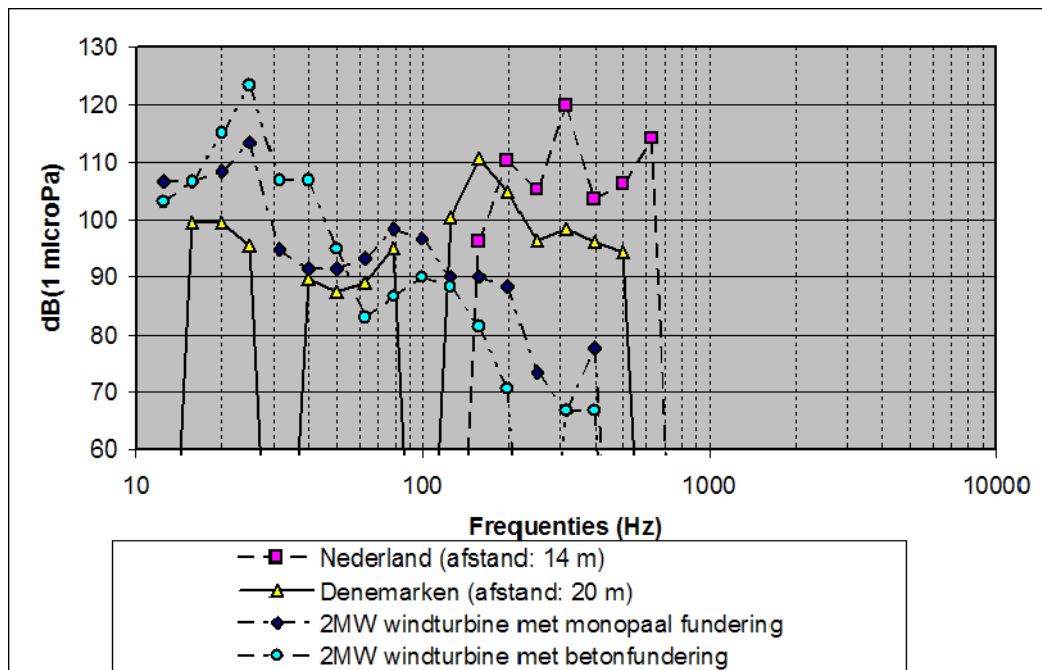
A. Onder water

Het geluid kan ook hier op drie manieren worden overgedragen naar het water, namelijk indirect vanuit de lucht via het grensvlak lucht-water, direct via de mast of indirect via de bodem. Het tweede pad is dominant. De afmetingen van het onderwatergedeelte van de mast (diepte water) en de diameter van de windturbinepaal bepalen mee hoeveel geluid in het water ontstaat.

Bij een hogere windsnelheid kan de intensiteit van mastgeluid toenemen, zo zal een deel van de geluiden uit de gondel een hogere intensiteit en frequentie krijgen. De hogere intensiteit gaat echter gepaard met een toename van het achtergrondgeluid, doordat bij sterkere wind ook de waterbeweging en –afhankelijk van de diepte- ook het zandtransport zal toenemen.

Over de geluidsniveaus van windturbines die in aanmerking komen voor het project (3 MW tot 10 MW) in het omringende zeewater zijn geen gegevens bekend. Twee steekproefmetingen uit de literatuur (ELSAMPROJEKT A/S, 2000 en Odegaard & Danneskiold-Samsøe a/S, 2002) en drie studies over de geluidsimpact van windturbines onder water (Nedwell & Howell, 2004; Westenberg, 1990-1993; Nedwell *et al.*, 2007) zijn daarom verkennend van aard.

- In Denemarken in het Gotland windpark (ELSAMPROJEKT A/S, 2000) werden 2 metingen onder water uitgevoerd op een afstand van 20 m van een windturbine met nominaal vermogen van 0,550 MW, éénmaal met de windturbine in werking (totaal geluidsniveau) en daarna met de windturbine uitgeschakeld. Uit deze metingen kan geconcludeerd worden dat het maximale verschil van 25 dB bij 160 Hz gemeten werd tussen het totale geluidsniveau en het achtergrondgeluidsniveau. Het specifieke geluid van deze windturbine onder water wordt bijgevolg bekomen door het achtergrondgeluidsniveau (WT uitgeschakeld) logaritmisches af te trekken van het gemeten geluidsniveau met de windturbine in werking. Wel dient er opgemerkt te worden dat het achtergrondgeluidsniveau (WT uitgeschakeld) ook het geluid door stroming rond de mast en het geluid door golven tegen de mast bevat.
- Figuur 4.5.3 toont de specifieke immissie op 20 m van de windturbine onder water.
- Ook in het windpark Irene Vorrink, gelegen in het IJsselmeer nabij Lelystad, zijn oriënterende geluid- en trillingsmetingen uitgevoerd onder water nabij een windturbine van het type NTK 600/42 met een nominaal vermogen van 0,6 MW (Odegaard & Danneskiold-Samsøe a/S, 2002). De metingen werden wel bij relatief lage windsnelheden uitgevoerd waardoor de windturbine op niet meer dan 30 procent van het nominale vermogen (0,6 MW) draaide. De windturbine staat in ondiep water met als diepte 4,2 m. Ook hier werden 2 metingen uitgevoerd: één meting van het totale geluidsniveau (windturbine en achtergrondgeluid) gebeurde op 14 m van de windturbine en een tweede meting van het achtergrondgeluidsniveau op een grotere afstand van de windturbine. Door beide metingen logaritmisches af te trekken bekomt men het specifieke geluid van de windturbine onder water. Verschillend met de metingen van Denemarken is dat hier het geluid door stromingen rond de mast en golven tegen de mast nu wel deel uitmaken van de specifieke immissie van de windturbine. Ook het specifiek geluid van de windturbine uit Nederland wordt weergegeven in Figuur 4.5.3



Figuur 4.5.3 : Het specifieke geluid onder water van twee windturbines op twee verschillende afstanden

Het belangrijkste verschil tussen beide meetresultaten kan toegewezen worden aan:

- Het verschil in windturbines (0,550 MW in Denemarken en 0,6 MW in Nederland);
- De windturbine in Nederland draaide maar aan 30 % van zijn nominaal vermogen;
- Het verschillend kustgebied zoals bijvoorbeeld andere bodem of andere diepte. In ondiep water worden de zeer lage frequenties (<200 Hz) namelijk uitgedoofd doordat de geluidsgolf diep binnendringt in de bodem en daar geabsorbeerd wordt, het zogenaamde tunneleffect;
- Het achtergrondgeluidsniveau werd verschillend gemeten, zo zit het stromingsgeluid rond de mast en het golfgeluid tegen de mast wel in het specifieke geluid berekend in Nederland, maar niet in het specifieke geluid berekend in Denemarken.

Het specifieke geluid van een windturbine bestaat vooral uit frequenties kleiner dan 1 kHz. Zeer hoge frequenties (>100 kHz) worden zeer sterk geabsorbeerd door zeewater en lage frequenties (< 200 Hz) door de bodem (tunneleffect). Voor frequenties beneden de 1 kHz is de absorptie echter verwaarloosbaar en kunnen zo tot kilometers ver nog hoorbaar zijn.

- In de samenvattende studie van Nedwell & Howell (2004) werden de geluidsmetingen van het windpark in Utgrunden in Zweden aangehaald. In Utgrunden werd een 1,5 MW windturbine onder water gemeten op een afstand van 110 m. Bij een gemiddelde windsnelheid van 12 m/s werd het 1/3 octaafband spectrum gemeten waaruit volgt dat er een geluidsdrumniveau werd vastgesteld tussen <90 en 115 dBLeq (re 1 μ Pa) op 1m afstand. Met bij 50 Hz, 160 Hz en 200 Hz respectievelijk een geluidsdrumniveau van 111 dB, 112 dB en 111 dB (re 1 μ Pa).
- In een studie over de impact van windturbines onder water (Westenberg, 1990-1993) werd het geluid van een 2 MW windturbine voorspeld bij een windsnelheid van 8 m/s en op een afstand van 20 meter van de

windturbine. Deze voorspelling gebeurde aan de hand van enerzijds twee onderwatermetingen nabij een windturbine met een monopilefundering in het windpark in Gotland Denemarken (0,550 MW windturbine zie vorige paragraaf) en een gelijkaardige onderwatermeting in het windpark Vindeby waar het onderwatergeluid en de trillingen van een windturbine met een nominaal vermogen van 0,450 MW en een beton fundering werd opgemeten en anderzijds door de trillingen van een 2 MW windturbine op het land te meten. Uit deze gegevens werd het onderwatergeluid van een 2 MW windturbine voorspeld. Door het omgevingsgeluid onder water bij een windsnelheid van 8 m/s logaritmisch af te trekken van het voorspelde specifieke geluid van de 2 MW windturbine onder water, bekomt men het berekende specifieke geluid van een 2 MW windturbine onder water. Dit specifieke geluid wordt voor beide funderingen weergegeven in Figuur 4.5.3.

- Hieruit kan geconcludeerd worden dat er voor een 2 MW windturbine vermoedelijk een hogere geluidsemissie onder water zal optreden bij de lage frequenties (<100 Hz). Bij de vergelijking van de 2 verschillende funderingstypes blijkt de betonfundering een hoger geluidsniveau te hebben dan de stalen monopile fundering bij frequenties kleiner dan 50 Hz. Maar de 2 MW windturbine met de betonfundering is wel stiller in het frequentiebereik tussen 50 en 500 Hz. De studie vermeldt wel de grote onzekerheid bij deze voorspellingen en verklaart dat het geluidsspectrum en het -niveau hoogstwaarschijnlijk zal afhangen van de dimensies en de constructie van de fundering. Deze conclusie werd ook aangehaald in (EIA, 2000).
- In de samenvattende literatuurstudie van Nedwell *et al.* (2007) werden de onderwater-geluidsmetingen van 4 operationele windparken (North Hoyle (2 MW windturbines), Scroby sands (2 MW windturbines), Kentish Flats (3 MW windturbines) en Barrow (3 MW windturbines)) weergegeven en besproken. In deze studie werd er besloten dat in de windparken van North Hoyle en Kentish Flats het gemeten onderwatergeluid in de parken tussen de turbines slechts 10 dB hoger is dan het onderwatergeluid buiten de parken (op een grotere afstand van de windturbines). Ter hoogte van de windparken Barrow en Scroby Sands waren de onderwatergeluidsmetingen tussen de turbines zelfs lager dan de onderwatergeluidsmetingen buiten het windpark. Algemeen werd er besloten dat het geluidsniveau onder water afkomstig van de windturbines zeer laag was. Slechts enkele onder water metingen waren hoger dan het achtergrond geluid onder water. We beschikken echter niet over een omrekening naar een 3 MW tot 10 MW windturbine voor de Belgische mariene wateren. Een belangrijke leemte in de kennis is bijgevolg het onderwatergeluid van het type windturbines die zullen gebruikt worden voor het North Sea Power windpark bij verschillende werkcondities.
- De studie over het onderwatergeluid van een 0,220 MW windpark nabij Nordersund in de Hanö baai besluit dat het geluid van het windpark, naargelang de windsnelheid stijgt, simultaan verhoogt met het achtergrondgeluid (Westenberg, 1990-1993). Enerzijds zal het geluid voor frequenties boven de 50 Hz proportioneel stijgen met het kwadraat van de windsnelheid. Met andere woorden zal bij een verdubbeling van de windsnelheid het geluid stijgen met 6 dB(A). Anderzijds zal het infrageluid²⁰ stijgen met 10-12 dB(A) bij een verdubbeling van de windsnelheid (t.g.v. de golven die frequenter breken). Bijgevolg zal bij een bepaalde windsnelheid het geluid van het windpark onder water hoorbaar zijn in de lage frequenties. Er dient opgemerkt te worden dat ter hoogte van de exploitatiezone mogelijks een

²⁰ 'Infrageluid' of 'infrasoon geluid' is geluid dat bestaat uit lage frequentie (onder 20 Hz), In open lucht kan het menselijk gehoororgaan dit niet meer als geluid waarnemen, tenzij het geluid een zeer hoog niveau heeft.

tunneleffect onder water kan voorkomen in ondiep water, waarbij de laagfrequente signalen <200 Hz verdwijnen door reflecties tegen de bodem, geulranden en het wateroppervlak.

B. Boven water

i. Windturbines

Tijdens de exploitatie van het windpark, vormen de windturbines de belangrijkste geluidsbron. Het geluid dat een windturbine produceert, wordt over het algemeen veroorzaakt door het suizen van de rotorbladen in de wind. De turbines die in het Norther windpark zullen gebruikt worden, zijn van een type waarbij de wieken windopwaarts van de mast draaien zodat geen impulskarakter ten gevolge van de interactie van de schoep met de turbulentie achter de mast te verwachten is. De draaisnelheid van de windturbines is variabel, afhankelijk van de windsnelheid. De geluidsproductie zal toenemen naarmate de windsnelheid groter wordt. Windturbinebouwers kunnen door specifieke afstellingen en door het technische ontwerp van de turbine en de rotorbladen de geluidsproductie sterk beïnvloeden (vaak gaan deze maatregelen wel ten koste van de energieopbrengst).

Om het specifieke geluid van het windpark te kunnen berekenen (met behulp van het geluidsoverdracht-model IMMI 2010) moet zowel het geluidsvermogeniveau LW in octaafbanden (spectrum) als de hoogte van de geluidsbron (ashoogte) bepaald worden.

Geluidsvermogeniveau LW

Daar Norther nv momenteel de keuze openlaat tussen verschillende windturbines types (REpower, Siemens, Clipper Windpower...) met een vermogensrange tussen de 3 MW tot 10 MW, staat ook het geluidsvermogen van de gebruikte windturbines nog niet vast. Literatuurgegevens wijzen uit dat er geen eenduidig verband aanwezig is tussen het elektrische vermogen van de windturbine en het geluidsvermogeniveau (LW). Het geluidsvermogeniveau van een windturbine met een groter elektrisch vermogen kan stiller zijn dan een windturbine van een kleiner elektrisch vermogen.

Voor de 3 typevoorbeelden werd door de opdrachtgever een geluidsvermogeniveau (LW) gegeven (Tabel 4.5.4). Deze geluidsvermogeniveaus liggen in dezelfde grootte orde als de geluidsvermogeniveaus van andere bestaande windturbines van andere fabrikanten met gelijkaardige vermogens bij representatieve windsnelheden. Wanneer we echter respectievelijk rekenen met een bronvermogen LW van 108 dB(A) voor configuratie 1 met een 3,6 MW windturbine en met een bronvermogen LW van 111 dB(A) voor configuratie 2 en 3 met een 6 to 10 MW windturbine, zal dit een veilige benadering zijn van het maximale bronvermogen van een windturbine van 3 MW tot 10 MW onafhankelijk van het type windturbine.

Bronhoogte:

Daar ook de precieze ashoogte van de te plaatsen windturbines nog niet gekend is gaan we voor de berekeningen van de hoogte van de geluidsbron uit van een representatieve gemiddelde masthoogte van respectievelijk 85 m voor een 3,6 MW windturbine (configuratie 1), 90 m voor een 5/6 MW windturbine (configuratie 2) en 105 m voor een 7-10 MW windturbine (configuratie 3) (masthoogte: van wateroppervlak tot rotor, Tabel 4.5.4).

Spectrum:

Als indicatie wordt het geluidsspectrum van een 3,6 MW offshore GE Wind Energy turbine (zie Bijlage 1.1.1) gekozen en opgeschaald naar het geschatte bronvermogen van 108 dB(A) voor een 3 – 3,6 MW windturbine (configuratie 1) en 111 dB(A) voor een 5 - 10 MW (configuratie 2 en 3).

Ter volledigheid moet ook het belang van volgende parameters worden vastgesteld: de directiviteit, het impuls karakter. In een literatuurstudie werd het geluidsspectrum van een 1,5 MW windturbine opgemeten (Kaiser-Wilhelm-Koog-GMBH, 2000) bij verschillende windsnelheden conform DIN IEC Draft 88/48/ (DIN IEC 88/48/CDV, 1996). Het meetrapport vermeldt dat op de meetafstand van 100 m geen uitgesproken directiviteit wordt vastgesteld. Er wordt geen impuls karakter vastgesteld conform DIN 45645, hetgeen in overeenstemming is met een rotor windopwaarts van de mast. Bij hoge windsnelheid wordt een tonale component opgemerkt bij ongeveer 190 Hz. De belangrijkste bijdrage tot de geluidsemisatie is afkomstig van aërodynamisch geluid dat opgewekt wordt aan de top van de schoepen. Gezien er voor de voorziene turbines (3 tot 10 MW) geen gegevens hierover beschikbaar zijn, worden deze resultaten hier als richtinggevend gebruik.

Bijlage 4.5.1: Technische eigenschappen en geluidsspectrum van een 3,6 MW windturbine

Samenvatting:

Tabel 4.5.4 geeft een overzicht van de bronvermogens per octaafband voor de 3 typevoorbeelden windturbines van 3 MW tot 10 MW die in het overdrachtsmodel zullen gebruikt worden.

Tabel 4.5.4: Het geluidsspectrum en het geluidsvermoggenniveau LW van de 3 typevoorbeelden

Type- voorbeeld	As- hoogte (m)	Oktaafbandfrequenties (Hz)									
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Tot bron- vermogen
Siemens SWT- 3,6-120 (3,6 MW)	85	81,7	95	102,4	104,7	104,1	104,1	101,1	93,6	81,2	108 dB(A)
REpower (5/6,15 MW)	90	84,7	98	105,4	107,7	107,1	107,1	104,1	96,6	84,2	111 dB(A)
Clipper Windpower (7,5-10 MW)	105	84,7	98	105,4	107,7	107,1	107,1	104,1	96,6	84,2	111 dB(A)

ii. Transformator

In het windpark worden er 2 offshore hoogspanningsstations (OHVS) gebouwd. Naast de windturbines zullen de 2 aanwezige transformatoren (33 - 36 kV/150 kV of 200 kV) ook voor een geluidsbijdrage zorgen. De elektriciteit die door de turbine wordt opgewekt, wordt in twee stappen opgetransformeerd. Een kleine transformator in de gondel transformeert naar 33kV. De geluidsemisatie van deze transformator wordt samen met de emissie van de alternator afgeschermd en is niet merkbaar in het geluidsvermoggenspectrum van de

windturbine. Een tweede transformator transformeert de spanning van 33 - 36 kV naar 150 kV of naar 200 kV op het hoogspanningsstation .

Op het hoogspanningsstation zal een transformator instaan voor het optransformeren van de elektriciteit (van 33 - 36 kV naar 150 kV of naar 200 kV) afkomstig van windturbines. Tabel 4.5.5 geeft het vermogen van een stil type transformator van deze sterkte (125 MVA toestel).

Tabel 4.5.5: Vermogen van een stil type transformator

F(Hz)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Totaal
LW(dB(A))	80	82	85	93	97	97	92	90	85	101,9

4.5.4.2.2 Berekening van het specifieke geluid

A. Onder water

Het geluid kan zich onder water cilindrisch of sferisch voortplanten. Bij het voortplanten van geluid is er een transmissieverlies (TL) ten gevolge van de verspreiding (cilindrisch of sferisch in functie van de afstand(r)), ten gevolge van de absorptie (α) van het zeewater en ten gevolge van reflecties tegen de oppervlakte en de bodem.

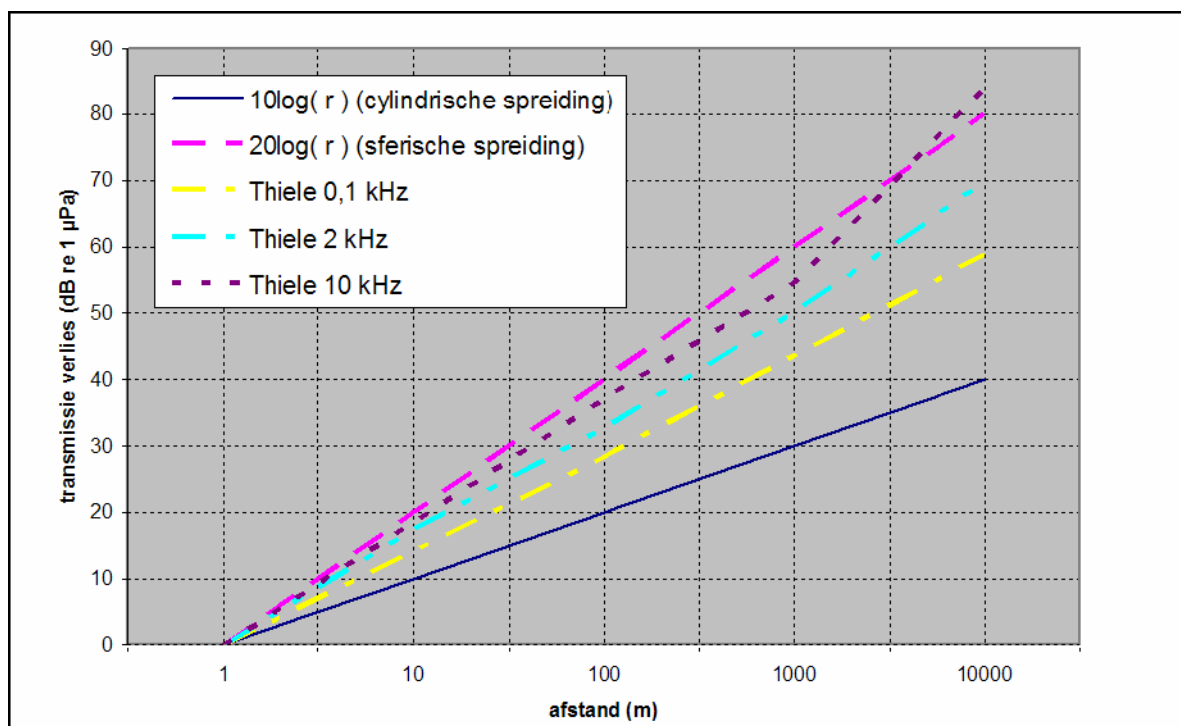
$$TL = SL + \alpha r + \text{reflectie}$$

Met:

- TL = transmissieverlies
- SL = spreidingsverlies (cilindrische spreiding $SL = 10 \log(r)$ en sferische spreiding $SL = 20 \log(r)$)
- α = absorptiecoëfficiënt
- r = afstand

De absorptiecoëfficiënt is frequentieafhankelijk. Voor frequenties < 1000 Hz is de absorptie kleiner dan 0,1 dB per km en bijgevolg niet significant voor windturbinegeluid tijdens de exploitatiefase. De reflectie is afhankelijk van de bodem, zo is er een hogere absorptie bij zachte bodems (bijvoorbeeld modder) en minder absorptie bij hardere bodems (bijvoorbeeld rotsen, zand).

Thiele (2002) heeft een formule ontwikkeld dat toepasbaar is voor de Noordzee met een waterdiepte tot 100 m, een zandbodem en een windsnelheid < 37 km/uur. De Figuur 4.5.4 geeft de berekende transmissieverliezen weer in functie van de afstand.



Figuur 4.5.4 : Transmissieverlies berekend met 3 verschillende modellen: volgens Thiele, volgens een cilindrische spreiding en volgens een sferische spreiding)

Hieruit volgt dat volgens Thiele voor 100 Hz er ongeveer een transmissieverlies van $TL = 15 \log(r)$ aanwezig is. Dit komt overeen met een verlies van 4,5 dB bij een verdubbeling van de afstand. Rekening houdende met het spectrum (<1000 Hz) van het specifieke geluidsniveau van windturbines onder water (zie Figuur 4.5.3) kan er besloten worden dat deze formule van Thiele ($TL = 15 \text{ LOG}(r)$) van toepassing is voor het windturbinegeluid onder water. Dit bleek ook uit enkele metingen die vermeld staan in de studie van Nedwell & Howell (2004).

Rekeninghoudende met een transmissieverlies van Thiele ($TL = 15 \text{ LOG}(r)$) zal er op een afstand van 500 m (veiligheidszone) van de windturbine onder water een transmissieverlies van 40 dB voorkomen, waardoor het specifieke geluid van de windturbine onder water ($\text{max } 120 \text{ dB re } 1\mu\text{Pa} - 40 \text{ dB} = 80 \text{ re } 1\mu\text{Pa}$) vermoedelijk gemaskeerd zal zijn door het achtergrondgeluid. Dit bleek ook zo uit de onderwatergeluidsmetingen die besproken werden in de samenvattende literatuurstudie van Nedwell *et al.* (2007), waarin de onderwatergeluidsmetingen van 4 operationele windparken (North Hoyle (2 MW windturbines), Scroby sands (2 MW windturbines), Kentish Flats (3 MW windturbines) en Barrow (3 MW windturbines)) werden weergegeven en besproken. In deze studie werd besloten dat het geluidsniveau onder water afkomstig van de windturbines zeer laag is. Slechts enkele onderwater metingen waren hoger dan het achtergrond geluid onder water.

B. Boven water

Bij windsnelheden van de orde van 10m/s op 10 m zal de geluidspropagatie op grotere afstand beïnvloed worden door de windgradiënt. Zo zal bijvoorbeeld in de richtingen waarvoor zelden belastende wind heerst op jaargemiddelde basis de specifieke immissie lager zijn. Anderzijds kan in het bijzonder bij propagatie over

een hard oppervlak (zeewater) het geluid door een tunneleffect sporadisch heel ver hoorbaar worden. Daarom worden hier twee situaties beschouwd: een matig belastende situatie en een 'kritische situatie' voor windafwaartse propagatie.

Het specifiek geluid L_{sp} van het windpark wordt in de matig belastende situatie berekend aan de hand van het overdrachtsmodel IMMI 2010. In de berekeningen worden de geluidsbronnen (de windturbines en de transformatoren) voorgesteld als zijnde puntbronnen waarbij het geluid zich driedimensionaal voortplant. Bij de berekeningen wordt rekening gehouden met de geluidsafname t.g.v. de afstand (D_{geo}), de bodeminvloed (D_{bodem}) die voor het gehele gebied hard (zeewater) verondersteld wordt en de luchtabsorptie (D_{lucht}). Voor de atmosferische attenuatie werd een temperatuur van 15 °C en 80 % relatieve vochtigheid aangenomen. De ontvangsthoopte is 4 m boven het zeeoppervlak en het zeeoppervlak is voor het gehele studiegebied hard verondersteld. De bekomen resultaten gelden voor een belastende wind en er is geen meteorologische correctie (onder de meest ideale overdrachtsomstandigheden met de wind die waait van bron naar ontvanger) uitgevoerd.

In Tabel 4.5.6 werd het specifiek geluid boven water van het windpark voor de 3 configuratie-alternatieven, in een matig belastende situatie (volgens het overdrachtsmodel IMMI 2010) berekend in functie van de afstand. Hieruit volgt dat de worst case configuratie 2 is waarbij er 74 windturbines van 5-6 MW (REpower) gebruikt worden. In onderstaande Tabel 4.5.6 werd ook het specifieke geluid berekend voor deze worst case configuratie 2 (74 x 5/6 MW) wanneer de reeds bestaande situatie van Belwind en C-Power (55 turbines van Belwind (3 MW) en 6 turbines van C-Power (5 MW)) mee in rekening werd gebracht (het zogenaamde 'Basisscenario').

Tabel 4.5.6: Berekend specifiek geluid boven water van een windpark met 3 MW tot 10 MW turbines, in een matig belastende situatie (volgens het overdrachtsmodel IMMI)

Geluidsniveau op afstand (m)	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	30 dB(A)	Ter hoogte van de kustlijn (op ca. 26 km)	Ter hoogte van de grens met Nederland
Configuratie 1	450-600	700-1150	1100-2000	1750-3000	0 dB(A)	46,7 dB(A)
Configuratie 2	550-750	900-1400	1400-2300	2200-3500	0 dB(A)	49,4 dB(A)
Configuratie 3	550-700	900-1250	1350-2050	2050-3150	0 dB(A)	48,3 dB(A)
Basisscenario	550-750	900-1400	1400-2300	2200-3500	0 dB(A)	49,4 dB(A)

Kaart 4.5.2 t.e.m. Kaart 4.5.4 geven de geluidscontouren weer van het specifieke geluid boven water van het 'Norther' windpark voor respectievelijk de 3 configuratiealternatieven, berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel. Kaart 4.5.5 geeft de geluidscontouren weer van het specifieke geluid boven water voor het basisscenario met inbegrip van de worst case configuratie 2 (74 x 5-6 MW) voor Norther (het zogenaamde 'Basisscenario').

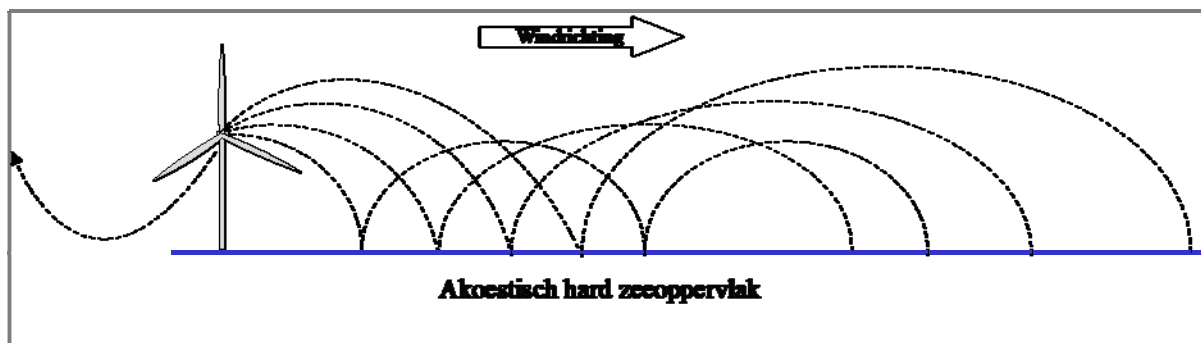
Kaart 4.5.2: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark met 86 windturbines van 3-3,6 MW windturbines (configuratie 1) boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.

Kaart 4.5.3: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark met 74 windturbines van 5-6 MW windturbines (configuratie 2) boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.

Kaart 4.5.4: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark met 47 windturbines van 7-10 MW windturbines (configuratie 3) boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.

Kaart 4.5.5: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark voor de worst case configuratie 2 (74 x 5-6 MW) wanneer de reeds bestaande situatie (55 turbines van Belwind (3 MW) en 6 turbines van C-Power (5 MW)) mee in rekening werd gebracht, boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel (het zogenaamde 'Basisscenario').

Bij een belastende wind (NW-wind van windturbine park naar de kustlijn) kan het geluid als het ware gevangen worden in een zone die ontstaat door enerzijds het akoestisch harde zeeoppervlak en anderzijds de windgradiënt die het geluid naar beneden buigt (Björk, 1999). In deze zone kan aangenomen worden dat het geluid tweedimensionaal (volgens een cilinder) voort propageert zoals in Figuur 4.5.5. Uit gegevens van een andere MER (MER Seanergy - Tractebel Development Engineering, 2001) wordt de straal van het kanaal gelijkgesteld aan 2 keer de ashoogte (configuratie 1: 2 x 85 m, configuratie 2: 2 x 90 m en configuratie 3: 2 x 105 m) van de windturbine (deze aanname is niet kritisch). Verder wordt er nog aangenomen dat alle windturbines zich in het midden van het windpark bevinden, en wordt er rekening gehouden met de atmosferische absorptie bij 15 °C en 80 % RV. De afstand tussen het evaluatiepunt op de kustlijn en het middelpunt van het windpark is ca. 26 km. De meest kritische situatie wordt voor de 3 configuratiealternatieven berekend²¹.



Figuur 4.5.5 : Zone, waarin het geluid propageert, die ontstaat door enerzijds de windgradiënt en anderzijds het akoestisch harde zeeoppervlak

Het specifieke geluid wordt ter hoogte van het meest kritische evaluatiepunt op de kustlijn berekend die het dichtst gelegen is bij het windpark. Dit evaluatiepunt ligt op ongeveer 26 km van het North Sea Power windpark. Tabel 4.5.7 geeft voor de 3 configuratiealternatieven de berekende geluidscontouren weer.

²¹ $L_p = L_w - D_{geo} - D_{atm}$

Met $L_w = 10 \log (X * L_{Wwindturbine})$ met X het aantal windturbines

Met $D_{geo} = 10 \log(4\pi DH)$ met D = afstand park tot kust en H = ashoogte windturbine

Met $D_{atm} = (\alpha * d)/1000$ met α = atmosferische attenuatie bij 15° en 80% RV

Tabel 4.5.7: Berekend specifieke geluid van het windpark boven water, in de meest kritische situatie

Geluidsniveau (dB(A)) – afstand in km	45 dB(A)	40 dB(A)	35 dB(A)	Ter hoogte van de kustlijn op ca. 26 km
Configuratie 1	11 km	18 km	31 km	36,5 dB(A)
Configuratie 2	13 km	22 km	38 km	38,6 dB(A)
Configuratie 3	10 km	17 km	29 km	36 dB(A)

4.5.4.2.3 Beoordeling van het specifieke geluid

A. Onder water

Bij de beoordeling van het onderwatergeluid dient er wel opgemerkt te worden dat er hier een grote leemte in de kennis bestaat over de geluidsimmissie en –emissie van de gebruikte windturbines (3 MW of 10 MW).

In Figuur 4.5.2 werd het specifieke geluid van enkele verschillende windturbines weergegeven. Hieruit volgt dat het specifieke geluid van een windturbine vooral bestaat uit frequenties kleiner dan 1 kHz en een geluidsdrukniveau tussen <90 en 115 dB_{Leq} (re 1 µPa) op 1 m afstand.

Uit de bepaling van het omgevingsgeluid onder water (zie 4.5.2.2.1) wordt gesteld dat het achtergrondgeluidsniveau tussen 90 en 100 dB (re 1µPa) in het frequentiegebied 100 Hz tot enkele kHz in ondiepe kustwateren niet ongewoon zijn. Gezien het windturbinegeluid in ondiep water ook in het frequentiegebied tussen 100 Hz en enkele kHz ligt, kan rekeninghoudende met een transmissieverlies van Thiele (TL = 15 LOG (r)) berekend worden dat er op een afstand van 500 m (veiligheidszone) van de windturbine onder water een transmissieverlies van 40 dB zal voorkomen, waardoor het specifieke geluid van de windturbine onder water (max. 80 dB re 1µPa (= 120 dB re 1µPa – 40 dB)) vermoedelijk gemaskeerd zal zijn door het achtergrondgeluid. Op deze afstand zullen er dus vermoedelijk geen effecten voorkomen op de onderwaterfauna.

Wanneer er onder water een maximum achtergrondgeluidsniveau van 195 dB (re 1µPa) voorkomt (bijvoorbeeld ten gevolge van seismische activiteit) zullen de windturbines slechts tot 50 m duidelijk detecteerbaar zijn. Bij deze conclusie wordt er verondersteld dat voor alle onderwaterfauna een maskeereffect van de waarneming van geluid optreedt dat vergelijkbaar is met het maskeereffect dat optreedt in het gehoor van de meeste landdieren. Bij hogere windsnelheden zal het specifieke geluid van de windturbine hoger worden, maar tegelijkertijd neemt ook het achtergrondgeluidsniveau toe door brekende golven en waterbeweging.

Als besluit kan aangenomen worden dat het effect van het geluid van de windturbine onder water in het slechtste geval beperkt blijft tot het gebied tussen de windmolens en niet buiten de 500 m veiligheidsgrens zal gaan. In de samenvattende literatuurstudie van Nedwell *et al.* (2007) werd ook besloten dat het geluidsniveau onder water afkomstig van de windturbines zeer laag is. Slechts enkele onderwatermetingen waren hoger dan het achtergrondgeluid onder water. Een belangrijke opmerking is ook dat bij het voorbijvaren van een klein schip reeds geluidsniveaus vastgesteld worden die meer dan 10 dB hoger zijn dan het gehanteerde maximale achtergrondgeluid. Het gaat hier dan wel om een tijdelijke verhoging van het geluidsniveau.

B. Boven water

Doordat er een leemte in de kennis bestaat met betrekking tot het achtergrondgeluidsniveau boven water, nemen we aan dat het geluid boven water tussen de 30 en de 40 dB(A) ligt. Deze geluidsniveaus werden gemeten in het potentiële stiltegebied 'Het Zwin' dat onder dezelfde vliegcorridor ligt als het projectgebied (Decloedt *et al.*, 1998).

Momenteel zijn er al 55 windturbines (3MW) van Belwind op de Bligh Bank en 6 windturbines (5 MW) van C-Power op de Thorntonbank geplaatst. Deze aanwezige windturbines bepalen bijgevolg mee het huidige aanwezige omgevingsgeluid. Het specifiek geluid Lsp van de reeds aanwezige windturbines (55 windturbines (3 MW) van Belwind en 6 windturbines (5 MW) van C-Power) werd in de matig belastende situatie berekend aan de hand van het overdrachtsmodel IMMI. Hieruit volgt dat het omgevingsgeluid boven het projectgebied (te plaatsen Norther windpark) tussen de 30 en 40 dB(A) zal zijn.

Het specifieke geluid van de windturbines werd per configuratiealternatief berekend voor 2 situaties, met name voor een matig belastende situatie en voor een kritische situatie (komt slechts heel sporadisch voor).

In de matig belastende situatie plant het geluid zich driedimensionaal voort, en bereikt op een afstand van 0,5 – 0,8 km en op een afstand van 0,7 – 1,4 km een geluidsniveau van respectievelijk 45 en 40 dB(A) (Tabel 4.5.6). Boven het wateroppervlak kunnen de windturbines tot op ca. een afstand van 5 km hoorbaar zijn. Net zoals onder water zal het specifieke geluid van de windturbines boven water toenemen naarmate de windsnelheid stijgt, maar dan zal tegelijkertijd ook het achtergrondgeluidsniveau stijgen.

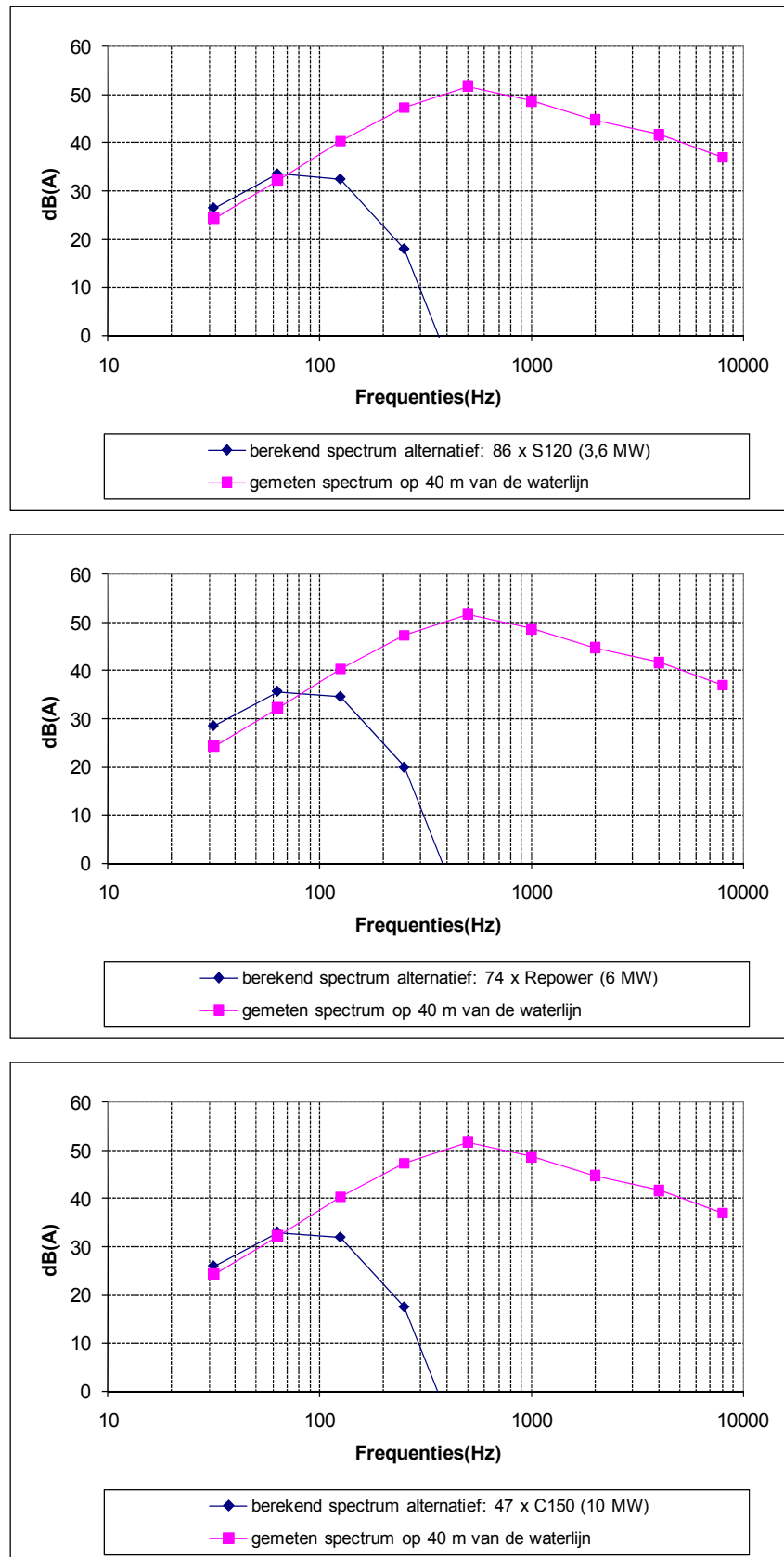
Wanneer in een kritische situatie het geluid van een windturbine zich tweedimensionaal zou voortplanten volgens een cilinder, dan zou het specifieke geluid pas op 10-13 km en op 17-22 km een geluidsniveau krijgen van respectievelijk 45 en 40 dB(A), op voorwaarde dat de waarnemer zich in de richting van de wind bevindt.

Algemeen kan er gesteld worden dat bij de dichtste afstand tot het windpark, waar boten mogen varen (500 m veiligheidsgrens rond het park) de windturbines waarneembaar zullen zijn met een geluidsniveau van ongeveer 50 dB(A), dit ongeacht het configuratiealternatief. 50 dB(A) is vergelijkbaar met het geluid van licht autoverkeer op 30m, regen, een koelkast, omgevingsgeluid in het bos.

C. Aan de kustlijn

In beide situaties, werd het specifieke geluid van het windpark berekend ter hoogte van de waarnemer, die zich aan de kustlijn bevindt op de kleinst mogelijke afstand tussen het windpark en het vasteland.

In de matig belastende situatie wordt het specifieke geluidsniveau berekend op 0 dB(A) (Tabel 4.5.6) ter hoogte van de waarnemer en in de meest kritische situatie tussen 36 en 39 dB(A) (Tabel 4.5.7). Ook in de meest kritische situatie bevindt het geluidsniveau zich ruim onder het achtergrondgeluidsniveau van de branding (ongeveer tussen de 50 en 60 dB(A) op 25 m van de kustlijn).



Figuur 4.5.6 : Spectra van het golfgeluid en van het windturbinegeluid voor de 3 configuratiealternatieven in de meest kritische situatie, ter hoogte van de waarnemer

Wanneer de spectra van het golfgeluid en van het windturbinegeluid in de meest kritische situatie bekeken wordt ter hoogte van de waarnemer (Figuur 4.5.6) zien we dat het spectrum van het golfgeluid hoger is dan het specifieke geluid van het windturbinegeluid, behalve in de lage frequenties. De detecteerbaarheid van het geluid zal afhangen in welke mate de luisteraar zal proberen het windturbinegeluid van het achtergrondgeluid te onderscheiden (Fidel *et al.*, 1979).

Er dient wel opgemerkt te worden dat de kritische situatie enkel voorkomt wanneer er een zogenaamd tunnel effect is. Dit tunnелеffect komt enkel voor bij meewind condities (wind waait van windpark naar de waarnemer op de kustlijn). De wind roos van Zeebrugge geeft aan dat er enkel een N-NW wind voorkomt gedurende 11 dagen per jaar.

D. Ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen

Hoewel windturbines en windparken werden opgenomen in de VLAREM-indelingslijst van hinderlijke inrichtingen is de geluidsnormering volgens hoofdstuk 4.5 van VLAREM-II echter niet van toepassing (Belgisch staatsblad 31.03.1999 p 10464²²). Voor de volledigheid van de studie wordt het specifieke geluid van het windpark toch vergeleken met de Vlare II richtwaarde.

Daar het berekende specifieke geluid van het windpark in een matig belastende situatie kleiner is dan 4 dB(A) ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen, wordt de Vlare II richtwaarden voor woongebied of voor een gebied voor verblijfsrecreatie en het achtergrondgeluid niet overschreden.

In Tabel 4.5.8 wordt het berekende specifieke geluid in een matig belastende situatie vergeleken met de VLAREM II richtwaarde voor een gebied 1 (verblijfsrecreatie) en met het omgevingsgeluid, gemeten langs de Noordzee in de Polders (Nederland).

Tabel 4.5.8: Vergelijking van het geluidsniveau ter hoogte van de woningen met de referentiesituaties met een windpark met 3-10 MW turbines

Geluids-niveau dB(A)	Kust-zone	Vlare II richtwaarde		Metingen aan de noordzee (Mer, 1998)	Vgl Vlare II		Vlg. Metingen
		Verblijfs-recreatie	Woon-gebied		Verblijfs-recreatie	Woon-gebied	
Matig belastende situatie	0	30	35	30 tot 40	-30	-35	-30 tot -40

Wat de kritische situatie betreft is deze vergelijking niet uitgevoerd, daar deze niet zinvol is voor dergelijke extreme (theoretische) situaties wanneer de waarnemer zich in de richting van de wind bevindt (enkel 11 dagen per jaar). Er wordt geen geluidshinder verwacht ter hoogte van de dichtstbijzijnde woningen.

Het windpark voldoet ruimschoots aan de afstandsregel uit de omzendbrief (EME/2000.01 van 17 juli 2000), waaruit blijkt dat de windturbines zich op minimum 250 m van de dichtstbijzijnde woning moeten bevinden.

²² Belgisch staatsblad 31.03.1999 p 10464

Art. 160. Aan hoofdstuk 5.2 van hetzelfde besluit wordt een afdeling 5.20.5 toegevoegd die luidt als volgt:

Afdeling 5.20.5. Installaties voor de productie van hydro-elektrische energie alsook installaties voor de winning van windenergie voor de energieproductie

Art. 5.20.5.1 § 1. De bepalingen van deze afdeling zijn van toepassing op de subrubrieken 20.1.5 en 20.1.6 van de indelingslijst.

4.5.4.3 Ontmantelingfase

Bij de ontmanteling wordt aanvankelijk de bodem rond de windturbine afgegraven en vervolgens wordt de windturbine afgezaagd. De manier waarop het afzagen van de windturbine zal gebeuren is nog niet gekend. De impact van de ontmanteling op het omgevingsgeluid onder water, is dus een leemte in de kennis.

Door het wegbrengen van de windturbines zal er een tijdelijke verhoging van het vrachtvervoer op zee zijn vergelijkbaar met de constructiefase, zodat er hogere geluidsniveaus optreden boven en onder water. Deze verhoging zal echter verwaarloosbaar zijn t.o.v. de normale scheepvaart.

4.5.4.4 Bekabeling

De aanleg van enerzijds de kabels tussen de windturbines en het hoogspanningsstation en anderzijds de kabel tussen het windpark en de aanlanding te Zeebrugge, zal in zee gebeuren aan de hand van een speciaal ingericht schip. De kabel wordt tot op ongeveer 1 m onder de zeebodem in het windpark en op 2 m onder de zeebodem in het traject tussen het park en de haven ingegraven door middel van jetting of ploegen. Wanneer de kabel een bestaande vaargeul doorkruist, wordt de kabel op een diepte van minimum 4 m onder de zeebodem gelegd (in overleg met de bevoegde scheepvaartautoriteiten) d.m.v. het baggeren van een sleuf (geluidtoename zie hoofdstuk 4.5.2.2 het onderwatergeluid van een baggerschip). Er bestaat een leemte in de kennis betreffende het geluid van zo'n schip. Ten gevolge van de bekabeling wordt een tijdelijke verhoging van het geluid verwacht zowel boven als onder water. Deze geluidstoename zal slechts over een zeer korte tijd waargenomen worden en wordt bijgevolg niet verder besproken.

4.5.4.5 Trillingshinder

Windturbines produceren verschillende types mechanische trillingen (Near shore windpark, 1999):

- Laagfrequente trillingen: ontstaan door het voorbijgaan van de rotorbladen langs de mast, de onbalans van de rotor en de eigen trilling van de mast.
- Hoogfrequente trillingen: ontstaan door de draaiende onderdelen van de generator in de gondel de interactie van wind met de windturbine (het aërodynamisch geluid van de rotortippen), golven die tegen de mast slaan, de beweging van zand en water langs de mast en organismen die op de windturbine voorkomen (bijvoorbeeld het sluiten van kleppen van de mossel).

In de studie over de geluidsimpact van windturbines onder water werden de trillingen gemeten van een 2 MW windturbine (Neg-Micon) die op het land staat (Odegaard & Danneskiold-Samsøe a/S, 2002). Uit een vergelijking van deze trillingen met de trillingen van twee windturbines onder water met een nominaal vermogen van respectievelijk 0,550 MW en 0,450 MW, volgt dat de trillingen van een 2 MW windturbine tot 100 Hz groter zijn maar dat vanaf 100 Hz de trillingen van de windturbines van 0,550 en 0,450 MW in het water groter zijn dan de trillingen van de 2 MW windturbine op het land. De trillingen van de gebruikte windturbines (3 MW tot 10 MW windturbine) zijn niet gekend en zijn bijgevolg een leemte in de kennis.

4.5.4.6 Elektromagnetische velden

De stroom die door een elektriciteitskabel loopt, genereert in principe zowel een elektrisch als een magnetisch veld die zich voor een deel tot buiten de kabel uitstrekken. De sterkte van geïnduceerde velden hangt af van de stroom door de kabel, de hoogte van de spanning, de kabelconstructie, -configuratie en -oriëntatie. Het door de kabel direct geproduceerde elektrische veld wordt in het algemeen voldoende afgeschermd dankzij het isolatiemateriaal waarmee de eigenlijke, stroom geleidende kabel is omgeven. Het magnetisch veld dat door de wissel- of gelijkstroom wordt geproduceerd, wordt daarmee echter niet tegengehouden. Rond een stroomgeleidende kabel zal dan ook een magnetisch veld ontstaan. Op zijn beurt ontstaat als gevolg van het langs dit magnetisch veld stromen van zeewater weer een (zwak) elektrisch veld (geïnduceerd elektrisch veld). De sterkte van dit veld hangt af van de samenstelling en de stroomsnelheid van het zeewater, de sterkte van het magnetische veld en de ligging van de kabel ten opzichte van stroomrichting (van het water) en het aardmagnetisch veld.

Het belangrijkste verschil tussen de magnetische velden rond een gelijkstroomkabel en een wisselstroomkabel is dat in het eerste geval een statisch veld ontstaat, wat betekent dat er een constant magnetisch veld met een bepaalde veldsterkte rond de kabel blijft bestaan zolang er stroom door de kabel loopt. In het tweede geval is het magnetisch veld variabel; het varieert met dezelfde frequentie als de wisselstroom in de kabel. De kabels die gebruikt worden door het North Sea Power project zijn wisselstroomkabels waardoor we hier te maken hebben met variabele magnetische velden.

Voor de aansluiting van de windturbines op het elektriciteitsnet wordt in het windpark gebruik gemaakt van een net in het windpark van 3-aderige parkkabels met een spanning van 33 - 36 kV. Het energietransport naar het land geschiedt met één of twee 3-aderige exportkabels met een spanning van 150 kV of 220 kV. De 33 - 36 kV parkkabels worden tot 1 m ingegraven, terwijl de exportkabels (150 kV of 220 kV) minimaal op 2 m diepte liggen.

De kabels worden goed geïsoleerd zodat ervan kan worden uitgegaan dat het primaire (directe) elektrische veld dat rond de kabels ontstaat voldoende is afgeschermd. De magnetische veldsterkte (die niet kan worden afgeschermd) en de sterkte van het hierdoor geïnduceerde elektrische veld is berekend analoog aan CMACS (2003) en staat vermeld in Tabel 4.5.9. Hierbij is uitgegaan van een maximale transportcapaciteit van 250 MW per 150 kV exportkabel voor het traject tussen windpark en vasteland en van een maximale transportcapaciteit van 36 MW binnen het windpark (Ecofys, 2006). De sterkte van het magnetisch en geïnduceerd elektrisch veld van 220 kV kabels vormen een leemte in de kennis.

Gill *et al.* (2009) heeft recentelijk ook een studie uitgevoerd op basis van 36 kV kabels waarbij magnetische velden van juist onder de 8 μ T geassocieerd met geïnduceerde elektrische velden van ongeveer 2,2 μ V/m gemodelleerd werden. Deze waarden waren lager dan oorspronkelijk door hen ingeschat.

Tabel 4.5.9: Maximale sterkte magnetisch veld en (geïnduceerd) elektrisch veld op 1 meter van de kabel (Ecofys, 2006)

	33 - 36 kV parkkabel	150 kV exportkabel
Spanning	33 – 36 kV	150 kV
Vermogen	36 MW	250 MW
Stroomsterkte	630 A	962 A
Magnetisch veld	2,9 μ T	4,4 μ T
Geïnduceerd elektrisch veld	164 μ V/m	251 μ V/m

De sterkte van het aardmagnetisch veld van de Noordzee of met andere woorden ter plaatse van het windpark en de kabels bedraagt ongeveer 50 μ T. De door de kabel veroorzaakte verhoging van de sterkte van het magnetisch veld is gering en neemt bovendien snel af met de afstand tot de kabel (OSPAR, 2008b; Royal Haskoning, 2005; Ecofys, 2006). Binnen 20 meter is het magnetisch veld tot op dit achtergrondniveau gedaald; het is dus een zeer lokaal effect. Ook de sterkte van het geïnduceerde elektrische veld neemt snel af: bij de 150 kV kabel bedraagt de sterkte op 8 meter van de kabel minder dan 30 μ V/m en bij de 33 - 36 kV kabel minder dan 20 μ V/m. Ter vergelijking: de sterkte van het door het natuurlijke aardmagnetische veld geïnduceerde elektrische veld bedraagt ter plaatse (de Noordzee) van het windpark ongeveer 40 μ V/m. De natuurlijke elektrische veldsterkte is echter variabel en kan in sterke getijstromen oplopen tot 2.500-3.500 μ V/m (Ecofys, 2006).

Bovendien dient opgemerkt te worden dat ondanks het ingraven van kabels geen reducerend effect zal hebben op de elektromagnetische velden zelf, het naar alle waarschijnlijkheid wel zal bijdragen tot een vermindering van de blootstelling van de elektromagnetisch gevoelige soorten aan de sterkste velden die zich voordoen aan het kabeloppervlak door het creëren van een fysische barrière (OSPAR, 2008b; Gill *et al.*, 2009).

Bijgevolg wordt verwacht dat er slechts een verwaarloosbaar uitwendig magnetisch en geïnduceerd elektrisch veld optreedt. Een direct elektrisch veld wordt niet verwacht bij dit type kabels.

4.5.4.7 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten van geluid, trillingen en elektromagnetische velden

Samenvattend worden de effecten van geluid, trillingen en elektromagnetische velden weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
Funderingstype	a	b		a	b
Constructiefase					
Onderwatergeluid heien	-	-	0/-	0/-	n.v.t.
Bovenwatergeluid heien	0/-	0/-	0/-	0/-	n.v.t.

Configuratie	1		2	3	
Scheepvaart	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Baggeren	0/-	0/-	n.v.t.	n.v.t.	-
Storten van de erosiebescherming	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Leggen van de kabel	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Exploitatiefase					
Onderwatergeluid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bovenwatergeluid	0	0	0	0	0
Trillingshinder	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Ontmantelingsfase					
Onderwatergeluid	0/-	0/-	0/-	0/-	0
Bovenwatergeluid	0	0	0	0	0
Bekabeling					
Aanleg kabels	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Elektromagnetische velden	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

De impact van het tijdelijk gewijzigde geluidsklimaat tijdens de constructiefase op de aanwezige fauna wordt besproken in hoofdstuk 4.6 'Effectbespreking- en beoordeling voor de discipline fauna'.

Tijdens de exploitatie en ontmanteling wordt slechts een gering negatief effect verwacht tengevolge van het geluid voor alle beschreven configuratiealternatieven. De relatieve impact ten opzichte van de windconcessie zone of het Belgische deel van de Noordzee is dan ook verwaarloosbaar.

4.5.5 Leemten in de kennis

Het onderwatergeluid is de belangrijkste leemte in de kennis. Zowel de emissie van geluid naar het water als de propagatie in ondiep kustwater met hoge stromingen, grote concentraties van zand in suspensie, eventueel brekende golven en zeer poreuze bodem zijn weinig bekend.

De geluidsemmissie en -immissie onder water door het heien van paalfunderingen is afhankelijk van de diameter en lengte van de windturbine, de plaatselijke geologie en bathymetrie en is bijgevolg niet te begroten.

Er ontstaat een leemte in de kennis over het geluid boven water doordat geluidsmetingen op het water moeilijk te meten zijn door het bijkomende lawaai van de golven tegen de meetboot.

Het type windturbine (REpower, Siemens, Vestas...) van de 3 tot 10 MW windturbine die zal gebruikt worden is nog niet gekend. Het geluidsvermogeniveau werd bepaald aan de hand van gegevens die ter beschikking werden gesteld door de opdrachtgever voor 3 typevoorbeelden met name de Siemens SWT-3,6-120 (3,6 MW), de REpower (5/6 MW) en de Clipper Windpower (7,5-10 MW).

Ten slotte bestaat er een leemte in de kennis over de sterkte van het magnetisch en geïnduceerd elektrisch veld van 220 kV kabels.

4.5.6 Mitigerende maatregelen

Gezien de leemte in de kennis met betrekking tot de impact van het onderwatergeluid van windturbines die in dit project gebruikt zullen worden (3 MW tot 10 MW), lijkt het niet zinvol om milderende maatregelen voor te stellen ter bestrijding van het onderwatergeluid. Er wordt wel voorgesteld om observaties van het onderwatergeluid te houden (zie monitoring). Wanneer uit deze monitoring blijkt dat de effecten van het onderwatergeluid significant blijken te zijn (bijvoorbeeld tijdens het heien van de funderingen), kunnen er milderende maatregelen voorgesteld worden. De milderende maatregelen met betrekking tot heiactiviteiten worden besproken in het hoofdstuk 'Zeezoogdieren'.

Doordat het aantal waarnemers op zee die de windturbines frequent zullen waarnemen zo beperkt is, lijkt het evenmin nuttig milderende maatregelen voor te stellen voor het luchtgeluid. Uiteraard moet men steeds de best beschikbare (stilste) technologie toepassen.

4.5.7 Monitoring

Als monitoring kan een observatie van het onderwatergeluid voorgesteld worden bij verschillende werkingsregimes (windsnelheden, golfhoogtes, etc.) en op verschillende afstanden. Correlatie van deze meetresultaten met trillingsmetingen op de mast kan bijkomend inzicht opleveren met betrekking tot de emissie van onderwatergeluid. Een afstemming met de reeds lopende monitoringsprogramma's is hierbij aangewezen.

Het is van groot belang dat de monitoring geluid en de monitoring zeezoogdieren gezamenlijk geïnterpreteerd worden bij de rapportage. Er moet nagegaan worden of er correlaties zijn tussen het geluid en de effecten op de zeezoogdieren. Zo kunnen eventuele oorzaak-effect relaties worden aangetoond.

4.6 FAUNA, FLORA & BIODIVERSITEIT

Het onderdeel Fauna en Flora behandelt vier verschillende groepen organismen namelijk het benthos (macro – en epibenthos), de vissen, de vogels en de zeezoogdieren. Daarnaast wordt nog een onderscheid gemaakt in organismen die leven op harde substraten en in zachte substraten. Op basis hiervan worden volgende groepen onderscheiden in het MER:

- Macrobenthos van zachte substraten
- Epibenthos en visgemeenschappen van zachte substraten
- Epifauna van harde substraten
- Visgemeenschappen van harde substraten
- Avifauna
- Zeezoogdieren

Per groep wordt een beschrijving gegeven van de methodiek, de referentiesituatie, de mogelijke effecten van de bouw, exploitatie en ontmanteling van de windturbines en de bijhorende bekabeling, eventuele leemten in de kennis, milderende maatregelen en monitoring.

De effectenanalyse onderzoekt welke handelingen tijdelijke of permanente directe/indirecte effecten hebben voor de beschouwde groepen organismen. Om deze effecten te kunnen schatten, worden – indien relevant – de effecten van windturbines op andere disciplines zoals water en zeebodem eveneens geraadpleegd. Na de beschrijving en de beoordeling van de effecten wordt onderzocht of er milderende maatregelen kunnen worden voorgesteld, welke leemten er bestaan in de kennis en welke monitoring er het beste kan worden uitgevoerd.

De effecten ten gevolge van de constructie, exploitatie en ontmanteling van het windpark en de bijhorende bekabeling worden per fase besproken. De algemene effectbeschrijving is zowel geldig voor de drie configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark als voor het basisscenario (Belwind (55 MP) + C-Power (6 GBF) + Norther). Indien relevant wordt een duidelijk onderscheid gemaakt.

Naast deze effecten, zijn er ook mogelijke cumulatieve effecten te verwachten ten gevolge van de reeds vergunde windparken in de afgebakende windconcessie zone. Deze worden beschreven in hoofdstuk 5.

4.6.1 Macrobenthos van zachte substraten

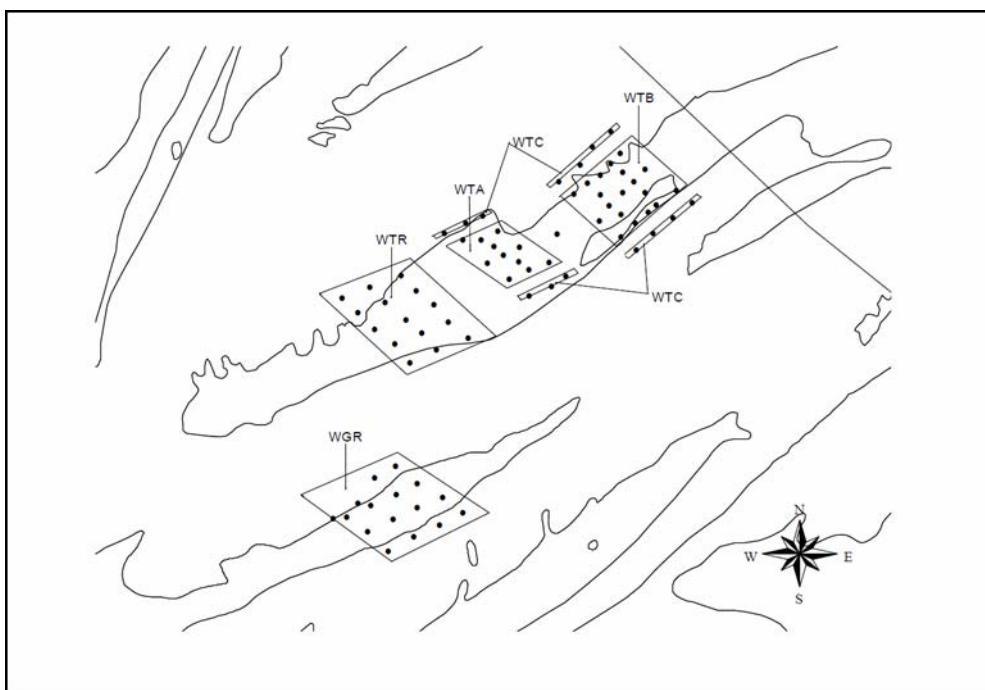
Macrobenthische organismen van zachte substraten worden beschouwd als die soorten die in het sediment leven, efficiënt met een Van Veen grijper (staalnameoppervlakte: 0,1 m²) worden bemonsterd, en bij het opspoelen van de stalen achterblijven op een zeef met een maaswijdte van 1 mm.

De belangrijkste vertegenwoordigers zijn de wormen (Annelida) (voornamelijk borstelwormen (Polychaeta)), de schaaldieren (Crustacea) (voornamelijk vlokreeften (Amphipoda)), de schelpdieren (Mollusca) (voornamelijk tweekleppigen (Bivalvia) en zeehuisjes-slakken (Gastropoda)) en de stekelhuidigen (Echinodermata) (voornamelijk zee-egels (Echinoidea)). Het macrobenthos vormt een ideale indicator voor het monitoren van antropogene effecten omdat de organismen makkelijk te identificeren en te kwantificeren zijn.

4.6.1.1 Methodologie

Op huidig ogenblik zijn geen specifieke biologische gegevens beschikbaar van het projectgebied. Gezien de nabijheid van de Thorntonbank (± 1 km) kunnen echter de studies uitgevoerd in het kader van het C-Power project naar de referentietoestand op de Thorntonbank (De Maerschalck *et al.*, 2006) en de monitoring resultaten van jaar 1 (Reubens *et al.*, 2009b) en jaar 2 (Coates & Vincx, 2010) als basis gebruikt worden voor de beschrijving van de referentie situatie (vnl. van de zandbanken) en de effecten. Deze monitoringsresultaten kunnen beschouwd worden als de meest recente informatiebron, maar gezien de analoge aanpak (stations, methodiek, analyses) als in De Maerschalck *et al.* (2006) worden de belangrijkste resultaten van deze laatste studie ter vergelijking ook meegenomen.

De Thorntonbank en zijn referentiegebieden (Thorntonbank & Goote Bank) werden bemonsterd in 2005 (jaar 0), 2008 (jaar 1) en 2009 (jaar 2) (Figuur 4.6.1). Een overzicht van de staalnames met aanduiding van het aantal stalen en hun locatie wordt gegeven in Tabel 4.6.1.



Figuur 4.6.1: Positie van de stations op de Thorntonbank (WTA = westelijke concessiegebied, WTB = oostelijke concessiegebied; WTC = randzones; WTR: referentiegebied) en de Goote Bank (WGR = referentiegebied) (De Maerschalck *et al.*, 2006)

Tabel 4.6.1 : Aantal stations per staalname locatie tijdens de 2005 en 2008 campagnes

Staalname locatie	Code	Lente 2005 (jaar 0)	Herfst 2005 (jaar 0)	Lente 2008 (jaar 1)	Herfst 2008 (jaar 1)
Thorntonbank – westelijk concessiegebied	WTA	11	11		7
Thorntonbank – oostelijk concessiegebied	WTB	19	19		19
Thorntonbank – randzones	WTC	15	15		13

Staalname locatie	Code	Lente 2005 (jaar 0)	Herfst 2005 (jaar 0)	Lente 2008 (jaar 1)	Herfst 2008 (jaar 1)
Thorntonbank – referentiegebied	WTR	15	15		15
Goote Bank – referentiegebied	WGR	16	15	25	25
<i>Totaal</i>		76	75	25	67

Het macrobenthos werd bemonsterd met een Van Veen grijper (staalname oppervlakte: 0,1 m²). Naast de standaard gegevens over totale densiteit (aantallen per m²) werd ook de diversiteit in rekening gebracht aan de hand van de indices van Hill (Hill, 1973). De totale biomassa per soort werd bepaald aan de hand van de conversie van nat gewicht (WW/m²) naar asvrij drooggewicht (g AFDW/m²) met de conversiefactoren van Brey (2001) of via lengte/gewicht regressies of door gewichtsverlies bij verbranding. Tenslotte werd ook de productiviteit berekend volgens de methode van Edgar (1990).

De dominante soorten (= alle soorten met een gemiddelde procentuele bijdrage van ≥ 15 % aan de gemiddelde totale densiteit of de gemiddelde totale biomassa van het gebied) werden bepaald voor de concessiegebieden en de randzones aan de hand van Simper (Clarke & Gorley, 2001). De densiteit en biomassa van deze soorten werden in detail geanalyseerd.

Een detailbeschrijving van de gemeenschapsstructuur van het macrobenthos werd uitgevoerd aan de hand van een gemeenschapsanalyse. Deze multivariate analyse (via Primer v6) onderzoekt de gelijkenis tussen de verschillende stalen op basis van het al dan niet voorkomen van soorten en hun densiteiten (Bray-Curtis similarity).

Naast deze biologische data analyse, is ook een grondige abiotische analyse van de locaties gebeurd daar de sedimentsamenstelling belangrijk is voor de ecologische evaluatie van de (in)directe effecten van een windpark.

Tenslotte werd ook een beroep gedaan op andere recente studies die data van verschillende onderzoeksprojecten gecompileerd hebben om te komen tot een gebiedsdekkende beschrijving van de benthosgemeenschappen op het Belgische deel van de Noordzee. Deze studies bevatten ook informatie van verder offshore gelegen gebieden waaronder de Hinderbanken en de Zeelandbanken. Deze gegevens zijn een belangrijke meerwaarde voor de beschrijving van de referentiesituatie:

- Recent monitoringsrapport en effectenstudie aangaande zand- en grindextractie op enkele Vlaamse Banken waaronder de Thorntonbank en de Goote Bank (De Backer *et al.*, 2010);
- Studie betreffende het opstellen van een lijst van potentiële Habitatrichtlijngebieden in het Belgische deel van de Noordzee (Degraer *et al.*, 2009b);
- Studies uitgevoerd door de Sectie Mariene Biologie naar de macrobenthosgemeenschappen (Van Hoey *et al.*, 2004; De Maerschalck *et al.*, 2006) in relatie tot natuurlijke en antropogene invloeden in de Noordzee (UG- Sectie Mariene Biologie);
- BWZee-studie (Deraus *et al.*, 2007) (april 2004- maart 2006) uitgevoerd door 5 Belgische onderzoeksgroepen in het kader van het PODO II programma van Federaal wetenschapsbeleid. Het resultaat van deze studie was een geïntegreerde, gebiedsdekkende biologische waarderingskaart die de biologische en ecologische waarde van het Belgische deel van de Noordzee weergeeft;

- De macrobenthosatlas van het Belgische deel van de Noordzee (Degraer *et al.*, 2006) die aan de hand van verspreidingskaarten van 53 belangrijke soorten van het macrobenthos tracht een beeld te geven van de middellange termijn evolutie (1976-1986 versus 1994-2001) van het voorkomen van deze soorten in het Belgische deel van de Noordzee.

4.6.1.2 Referentiesituatie

Bij de beschrijving van de referentietoestand zal eerst een algemeen beeld gegeven worden van het Belgische deel van de Noordzee. Vervolgens wordt een zo gedetailleerd mogelijke beschrijving gegeven van het projectgebied.

4.6.1.2.1 Belgische deel van de Noordzee

Er kunnen twee gradiënten worden waargenomen in de aanwezigheid van macrobenthische organismen op het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ). Een eerste gradiënt in de biodiversiteit loopt van het westen naar het oosten. Ten gevolge van de negatieve invloed van de instroom van verontreinigd water (nutriënten, organische polluenten en zware metalen) afkomstig uit de Westerschelde, is de biodiversiteit in de oostelijke BDNZ-zone minder groot dan die in de westelijke zone (Cattrijsse & Vincx, 2001). Een tweede gradiënt loopt van de ondiepe kustzone naar de zone dieper in zee. De verspreiding van de macrobenthos soortenrijkdom en abundantie langs deze onshore-offshore gradiënt is sterk variabel, met soorten- en densiteitarme stations langsheen de volledige gradiënt en soorten- en densiteitrijke stations beperkt tot de kustzone (< 15 NM) (Van Hoey *et al.*, 2004).

Uitgaande van kwantitatieve analyses van het macrobenthos zijn de borstelwormen (Polychaeta) en de schaaldieren (Crustacea) de meest diverse en abundante taxa en dit zowel voor de Zeeland, de Vlaamse als de Hinderbanken (Hillewaert & Maertens, 2003; Van Hoey *et al.*, 2004; De Maerschalck *et al.*, 2006). De dominantie van borstelwormen stijgt in de richting van de offshore zandbanken, terwijl de relatieve abundantie van de 2-kleppigen volgens die gradiënt afneemt. De gemeenschappen van dynamische systemen (zandbanken) worden getypeerd door kleine mobiele 'opportunistische' soorten met een hoge kolonisatie- en groeisnelheid (Newell *et al.*, 2002). Dit bevordert hun mogelijkheid tot rekolonisatie van het sediment na tijdelijke verstoringen onder natuurlijke condities.

Vier algemeen voorkomende macrobenthische gemeenschappen kunnen worden onderscheiden in de subtidale mobiele substraten van het Belgische deel van de Noordzee (Kaart 4.6.1). Daartussenin worden nog 6 overgangsgemeenschappen gedefinieerd.

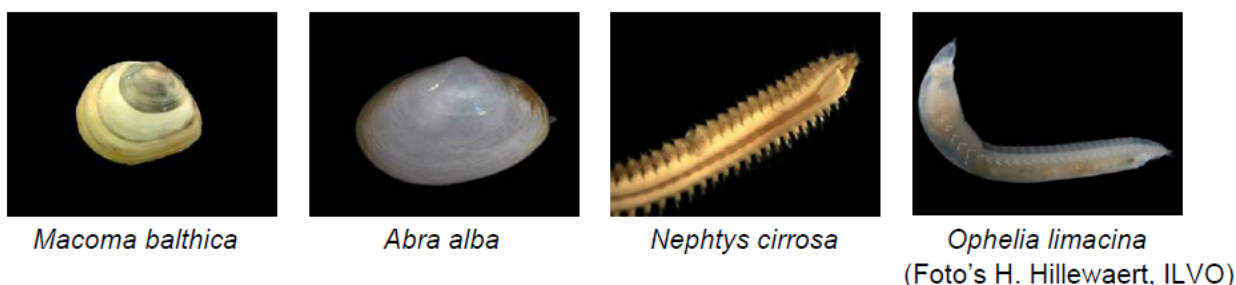
Kaart 4.6.1 : Geografische verdeling van de verschillende biotopen in het Belgische deel van de Noordzee, met aanduiding van de 24 onderzochte zandbanken (Degraer *et al.*, 2009b).

Deze worden elk gekenmerkt door karakteristieke soorten (Figuur 4.6.2), diversiteit en dichtheid en worden elk in een specifieke en goedgedefinieerde omgeving waargenomen (Degraer *et al.*, 2009b; Van Hoey *et al.*, 2004, Reubens *et al.*, 2009b):

- Een lage soortenrijkdom (gemiddeld 7 spp./0,1 m²), maar vrij hoge densiteit (gemiddeld 967 ind./m²) kenmerkt de *Macoma balthica* gemeenschap, typisch voorkomende in slibbige sedimenten (mediane korrelgrootte: gemiddeld 95 µm).

- De *Abra alba* (– *Mysella bidentata*) gemeenschap wordt gekenmerkt door een hoge dichtheid (gemiddeld 6432 ind./m²) en een hoge soortenrijkdom (gemiddeld 30 spp./0,1 m²) en wordt typisch in slibrijk (gemiddeld 5.8 % slib) fijn zand (mediane korrelgrootte: gemiddeld 219 µm) aangetroffen.
- De *Nephtys cirrosa* gemeenschap bezit een lage dichtheid (gemiddeld 402 ind./m²) en een lage soortenrijkdom (gemiddeld 7 spp./0,1m²) en leeft typisch in zuivere (gemiddeld 0.4 % slib) fijn tot medium zandige (mediane korrelgrootte: gemiddeld 274 ind./m²) sedimenten.
- Een zeer lage dichtheid (gemiddeld 190 ind./m²) en soortenrijkdom (gemiddeld 5 spp./0,1m²) typeert de *Ophelia limacina* (– *Glycera lapidum*) gemeenschap, aan te treffen in medium- tot grofzandige (mediane korrelgrootte: gemiddeld 409 ind./m²) bodems.

Deze gemeenschappen komen niet geïsoleerd van elkaar voor: graduele overgangen tussen de gemeenschappen worden wijd verbreid in het BDNZ aangetroffen.



Figuur 4.6.2 : Foto's van de meest dominante soort binnen de macrobenthische gemeenschappen op het BDNZ (Degraer *et al.*, 2009)

Macrobenthische gemeenschappen in gematigde gebieden zijn onderhevig aan sterke jaarlijkse variatie binnen de gemeenschapsstructuur (Turner *et al.*, 1995). Temporele variatie (1994 - 2000) binnen deze soortenassociaties op het BDNZ is aanwezig, maar verschuivingen binnen de verschillende soortenassociaties zijn niet waargenomen (Van Hoey *et al.*, 2004). Algemeen gezien kan er wel gesteld worden dat de kustzone vooral gekenmerkt wordt door de *Macoma* en *Abra* gemeenschap (De Backer *et al.*, 2010). De offshore stalen worden meestal enkel gekenmerkt door *Nephtys* en *Ophelia* gemeenschappen (De Backer *et al.*, 2010). Daarnaast worden de stalen in de kustzone doorgaans gekenmerkt door een kleinere korrelgrootte en een hogere slibconcentratie dan de offshore stalen.

Deraus *et al.* (2007) stelde een waarderingskaart op voor het BDNZ op basis van de voorkomende macrobenthos gemeenschappen. Voor een beschrijving van de methodiek en de gehanteerde criteria voor de opmaak van deze kaart wordt verwezen naar Deraus *et al.* (2007). De data die gebruikt zijn voor de opmaak van deze figuur zijn verzameld in de periode 1994 tot 2007. Op basis van Kaart 4.6.2 kan er voor het ganse Belgische deel van de Noordzee het volgende besloten worden:

- Ten westen van Wenduine worden de kustbanken aangeduid als biologisch zeer waardevol voor macrobenthos.
- De zonde rondom de haven van Zeebrugge en verder oostelijk ervan richting Belgisch/Nederlandse grens is minder biologisch waardevol voor macrobenthos. De zone tegen de haven van Zeebrugge

en een deel van de kustzone ten westen van de westelijke strekdam van Zeebrugge is niet ingekleurd. Een vlek voor het Zwin is biologisch wel waardevol voor macrobenthos.

- De zone op de overgang tussen de Vlaamse Banken en Kustbanken betreft een zeer waardevolle zone voor macrobenthos.
- De Vlaamse Banken zelf en de Zeelandbanken -waar het projectgebied gelegen is, zijn van middelmatig belang voor macrobenthos.
- De overgangszone tussen de Vlaamse Banken en de Hinderbanken en de geul boven de Thorntonbank (Zeelandbanken), worden daarentegen aangeduid als waardvol voor macrobenthos.
- De Hinderbanken, die het meest offshore gesitueerd zijn, vormt een combinatie tussen waardevol, zeer waardevol en minder waardevol voor macrobenthos.
- De diepwaterzone, ten noorden van de Hinderbanken, is heel weinig waardevol voor macrobenthos.

Kaart 4.6.2: Waarderingskaart BDNZ op basis van de voorkomende macrobenthos gemeenschappen (Deros et al., 2007)

4.6.1.2.2 Projectgebied

De resultaten (jaar 0 en jaar 1) in het kader van de C-Power monitoring (Thorntonbank, Goote Bank) kunnen als volgt worden samengevat.

De meeste stalen genomen op de Thorntonbank en Goote Bank worden gekenmerkt door medium zand (350-500 μm), een laag slibgehalte (max. gemiddelde van 5.9 %) en een laag percentage organisch materiaal (max. gemiddelde van 0.23 %) (Reubens et al., 2009b). De sedimentkarakteristieken van de studie in 2008 zijn vergelijkbaar met deze gevonden in de baseline studie uitgevoerd in 2005. Voor 2009 zijn de resultaten opnieuw vergelijkbaar, behalve dat nu het percentage organisch materiaal significant hoger is (Coates & Vincx, 2010).

De Thorntonbank en de Goote Bank worden gekenmerkt door lage densiteiten en een lage soortenrijkdom. Maximale densiteiten variëren tussen de 1500 (Thorntonbank) en 3500 ind./m² (Goote Bank), terwijl het aantal soorten maximaal 24 spp./station (Thorntonbank) en 26 spp./station (Goote Bank) bedraagt. De totale biomassa ligt er tussen 0 en 30000 mg AFDW/m² en er de meeste stalen worden gekenmerkt door een lage productiviteit (< 10 mg/dag.m²) verwacht.

De resultaten van 2008 (jaar 1) (Reubens et al., 2009b) en 2005 (jaar 0) (De Maerschalck et al., 2006) vertonen echter wel een aantal verschillen, mogelijks te wijten aan het verschil in wetenschapper verantwoordelijk voor de biologische analyse (Reubens et al., 2009b). Zo wordt een hogere densiteit (max. 3500 ind./m²) en soortenrijkdom (max. 26 spp./station) gevonden in de stalen van 2008 in vergelijking met 2005 (max. densiteit 1300 ind./m²; max. 16 spp./station). De biomassa en productiviteitsgegevens waren voor beide campagnes vergelijkbaar.

De dominante soorten op de Thorntonbank zijn *Nephtys cirrosa*, *Nephtys caeca* en *Spiophanes bombyx*. De dominante soort op de Goote Bank is *N. cirrosa*. *N. cirrosa* (tussen 0 en 160 ind./m²) en *S. bombyx* (tussen 0 en 140 ind./m²; in de randzone) waren ook de dominante soorten in 2005 (De Maerschalck et al., 2006), maar ook andere soorten zoals *Bathyporeia guilliamsoniana* (tussen 0 en 160 ind./m²) en *Urothoe brevicornis* (tussen 0 en 450 ind./m²) droegen bij tot meer dan 15 % van de totale densiteit.

Zowel de abundanties als de diversiteit, biomassa's en productiviteit zijn in de meeste stations in het najaar hoger dan in het voorjaar.

Een duidelijk onderscheid in gemeenschapssamenstelling kan gemaakt worden tussen de stalen genomen in 2005 en 2008. Binnen elk jaar is geen verdere opsplitsing tussen de staalnamepunten mogelijk. De stalen van de concessiegebieden WTA en WTB, de randzone WTC en de referentiesites WTR en WGR vertonen een graduele overgang van de *N. cirrosa* gemeenschap naar de *O. limacina*-*G. lapidum* gemeenschap. Deze overgangsgemeenschap wordt gekarakteriseerd door lage densiteiten en een lage diversiteit. *Nephtys cirrosa*, *Urothoe brevicornis*, *Bathyporeia* spp. en *Spiophanes bombyx* zijn de typische soorten voor deze overgangsgemeenschap (Van Hoey *et al.*, 2004). Op basis van de biologische dataset, worden iets hogere gemiddelde densiteiten en soortenrijkdom vastgesteld dan deze van een 'echte' overgangsgemeenschap, maar laten ze wel een graduele overgang van een *N. cirrosa* naar een *O. limacina* – *G. lapidum* gemeenschap zien ((Van Hoey *et al.*, 2004, Degraer *et al.*, 2009b).

Volgens de biologische waarderingskaart (Kaart 4.6.2) wordt het projectgebied gekenmerkt door een lage tot matige biologische en ecologische waarde (macrobenthos) (Deraus *et al.*, 2007). Op basis van hun biologische waarde en densiteiten zijn zowel de Thorntonbank als de Goote Bank niet weerhouden als potentieel habitatrichtlijngebied (habitattype 1110 – zandbanken) met bijzondere ecologische waarde (Degraer *et al.*, 2009b).

Degraer *et al.* (2009b) toont wel aan dat het projectgebied mogelijks geschikt is voor de vorming van *Lanice conchilega* aggregaties (met een dichtheid > 500 ind./m²) en rijker is aan grind. *Lanice conchilega* structureert een bestaande macrobenthische gemeenschap (*A. alba* gemeenschap) op een verregaande manier en vormt daarom een subgemeenschap, gevormd door de zogenaamde 'geassocieerde soorten' (*L. conchilega* gemeenschap s.s.) in de bredere gemeenschap waar die deel van uitmaakt (*A. alba* gemeenschap s.l.) (Rabaut *et al.*, 2007). Het biotoop, gecreëerd door *Lanice conchilega* aggregaties, vormt zodoende een hotspot van biodiversiteit binnen de mobiele substraten van het Belgische deel van de Noordzee (Rabaut *et al.*, 2007). Daarnaast is uit verschillende studies van grindbedden, die met aangepaste technieken in dergelijke zones uitgevoerd werden, gebleken dat ze een rijke fauna en flora herbergen met een hoge soortenrijkdom, zowel van infauna als van epifauna op de stenen (Degraer *et al.*, 2009b). Die rijke gemeenschappen kunnen zich maar ontwikkelen in het geval dit habitat niet al te sterk aan natuurlijke en/of antropogene verstoring onderhevig is (o.a. bedelving door zand; cf. niet-mobiele substraten (Van Lancker *et al.*, 2007b) of bodemberoerende visserijtechnieken).

Ook op basis van de ruimtelijke verspreiding van *Lanice conchilega* en de grindbedden (beiden mogelijke kandidaten voor het habitattype 1170) is het projectgebied echter niet weerhouden als aan te melden habitatrichtlijngebied (Degraer *et al.*, 2009b).

Tenslotte wordt kort ingegaan op de macrobenthosgemeenschap die rondom de haven van Zeebrugge en ter hoogte van de Wenduinebank voorkomt, daar hier de aanlanding van de exportkabel plaatsvindt. De macrobenthosgemeenschap is van het type *Macoma balthica*, wat typisch is voor slibrijke sedimenten. Deze gemeenschap is eerder soortenarm, maar kan wel vrij hoge densiteiten vertonen van de kenmerkende soorten van de *Macoma balthica* gemeenschap. Op de waarderingskaart voor macrobenthos van Derous *et al.* (2007) (Kaart 4.6.2) wordt deze zone als minder waardevol voor macrobenthos aangeduid.

4.6.1.3 Autonome ontwikkeling

Indien er in het projectgebied geen windpark zou gebouwd en geëxploiteerd worden, zouden de benthosgemeenschappen niet wezenlijk veranderen. De aanwezige dominante benthische soorten (*Bathyporeia guilliamsoniana*, *Nephtys cirrosa*, *Spiophanes bombyx* en *Urothoe brevicornis*) werden namelijk reeds in de periode 1976-1986 en in de periode 1994-2001 waargenomen (De Maerschalck *et al.*, 2006). Langetermijn trends in densiteit en soortenrijkdom tonen wel een algemene stijging in densiteit als soortenrijkdom voor het macrobenthos.

4.6.1.4 Effectbespreking

4.6.1.4.1 Constructiefase

De belangrijkste effecten voor het macrobenthos van de zachte substraten tijdens de constructiefase zijn: verstoring/vernietiging van de habitat (biotoopverstoring), verlies aan organismen, verstoring door sedimentatie. In tegenstelling tot de eerste twee effecten, is verstoring door sedimentatie slechts tijdelijk.

Biotoopverstoring

Door de installatie van de funderingen en de erosiebescherming van de windturbines, de meetmasten en het OHVS wordt een gedeelte van de oorspronkelijk zachte biotoop (zand/klei met hier en daar grindbedden) door nieuwe structuren ingenomen (direct biotoopverlies). Daarnaast is er ook een al dan niet tijdelijke biotoopverstoring ten gevolge van nivelleringsactiviteiten (statische monopile) en stockage van het uitgebaggerde zand in geval van de gravitaire (en/of jacket (C-Power)) funderingstechniek (indirecte biotoopverstoring). Door deze verstoring aan biotoop (direct + indirect) wordt de habitat vernietigd en sterft het bodemleven (benthos). Dit effect doet zich onmiddellijk voor en is onomkeerbaar tijdens de exploitatiefase van het park. De biotoopverstoring is afhankelijk van het aantal structuren, het funderingstype en de dimensies van de erosiebescherming.

Direct biotoopverlies

Norther voorziet drie alternatieve funderingstypes: de monopile, de jacket fundering en de gravitaire fundering. Daarnaast zijn momenteel reeds 55 monopiles op de Bligh Bank geplaatst (Belwind**) en 6 gravitaire funderingen op de Thorntonbank (C-Power**).

Voor de berekening van het directe biotoopverlies voor zowel de configuratiealternatieven van Norther als het basisscenario wordt bij de monopiles en de jacket fundering uitgegaan van de oppervlakte ingenomen door de turbine (heien) en de erosiebescherming, met uitzondering van de monopiles waarbij voorafgaandelijk nivellering van het zandoppervlak moet gebeuren. Bij deze monopiles en bij de gravitaire fundering valt deze oppervlakte (turbine + erosiebescherming) binnen de zone die uitgegraven wordt voor de fundering zelf én is deze laatste dus bepalend voor het verlies aan natuurlijk zandig biotoop. De berekening van het directe biotoopverlies ten gevolge van de funderingsputten gaat uit van de verstoorde oppervlakte ter hoogte van de natuurlijke zeebodem (incl. schuine wanden), en dus niet enkel van de bodemoppervlakte van de put. Naast het funderingstype speelt het aantal structuren (~vermogen) een rol.

Indirecte biotoopverstoring

Naast het permanente verlies aan biotoop (tijdens de exploitatiefase) is er ook de tijdelijke verstoring van het biotoop tijdens de bouwphase ten gevolge van stockage van het uitgebaggerde zand (bij gravitaire fundering en in beperkte mate bij statische monopiles).

Totale biotoopverstoring

De totale biotoopverstoring (direct + indirect) van het volledige windpark wordt voor de twee stockage scenario's weergegeven voor zowel de drie configuratiealternatieven van North Sea Power windpark (Tabel 4.6.2) als het basisscenario (Belwind**+C-Power**+Norther) (Tabel 4.6.3).

A. Configuratiealternatieven Norther

In Tabel 4.6.2 wordt de biotoopverstoring weergegeven voor de verschillende configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark. Voor configuratiealternatief 1 worden de resultaten voorgesteld bij keuze van een statische erosiebescherming daar hier de verstoring 3x groter is dan bij keuze voor een dynamische erosiebescherming.

Tabel 4.6.2: Biotoopverstoring – North Sea Power

Biotoopverstoring (m ²)	Configuratie 1 (86 MP * 3 MW)	Configuratie 2 (74 JF * 6,15 MW)	Configuratie 3a (47 JF * 10 MW)	Configuratie 3b (47 GBF * 10 MW)
Direct	103.358,89	1.224,63	795,22	200.000,00
Indirect (stockage 5 m)	8.548,76	0,00	0,00	866.256,00
Totaal (stockage 5 m)	111.907,65	1.224,63	795,22	1.066.256,00

Voor de monopile en de jacket fundering is het direct biotoopverlies per turbine respectievelijk 594 m² en 16 m², terwijl dit voor de gravitaire fundering 4.000 m² (50 m x 80 m). Indien gekozen wordt voor een statische erosiebescherming bij de monopiles zou voorafgaandelijk een nivellering van de zeebodem moeten gebeuren, dit op de zones met grote zandgolven. Op basis van het preliminair bodemonderzoek zou dit het geval zijn voor ongeveer 15 monopiles. Het resulterend directe biotoopverlies wordt op 4.000 m² per turbine (50 m * 80 m) geraamd of 60.000 m² in totaal. Al naargelang het type fundering zal het totale directe verlies aan zandig biotoop door het volledige windpark (inclusief meteomast, transformator) variëren tussen 0,079 ha (conf 3a (jacket)) en 20,00 ha (conf 3b (gravitaire)) of respectievelijk 0,002 % - 0,47 % van het concessiegebied. Het direct biotoopverlies varieert dus van praktisch onbestaande (0; JF) tot gering negatief (0/-; GBF en statische MP) voor de 3 configuratiealternatieven.

Bij de keuze voor statische monopiles (conf 1) of gravitaire funderingen (conf 3b) komt een substantiële verstoring van het biotoop door het -al dan niet tijdelijk- stockeren van het uitgebaggerde zand (1.530 m³/MP versus 58.500 m³/GBF). De oppervlakte van de bodemverstoring ten gevolge van de stockage is afhankelijk van het gekozen stockeringsscenario en varieert voor configuratie 3b tussen 337,7 ha (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 1 m) en 86,6 ha (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 5 m) of respectievelijk 7,95 % (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 1

m) en 2,04 % (stockage van al het gebaggerde zand met een laagdikte van 5 m) van het concessiegebied. Het effect wordt als significant (1 m stockage) tot matig (5 m stockage) negatief beoordeeld voor configuratie 3b. Voor de andere configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark worden geen noemenswaardige effecten verwacht gezien het veel kleiner tot onbestaande aandeel van de indirecte biotoopverstoring.

Er treedt duidelijk een schaalvergroting (tussen de 5 x (configuratie 1 (MP)) en de 100 x (configuratie 2 en 3a (JF)) op van het totale biotoopverlies (direct en indirect) bij de keuze voor gravitaire fundering ten opzichte van de monopile (MP) of jacket fundering (JF). Dit grote verschil is hoofdzakelijk te wijten aan het afwezig zijn of slechts beperkt voorkomen van indirecte biotoopverlies voor stockage van zand bij de keuze voor een monopile of jacket fundering. Het scenario waarbij gekozen wordt voor een stockage van het uitgebaggerde zand (gravitaire) in een laag van 5 m betekent een daling van de verstoring met ongeveer 75 %. De totale biotoopverstoring (erosiebescherming + stockage) in het scenario 5 m stockage (meest waarschijnlijk) bij de gravitaire fundering (conf 3b) voor het concessiegebied (2,5 %) blijft relatief klein in vergelijking met de windconcessie zone (< 0,5 %) en zeker met het gehele BDNZ (< 0,05 %). Het projectgebied wordt bovendien niet gekenmerkt door speciale natuurwaarden waardoor er kan besloten worden dat het verlies aan biotoop voor benthische organismen voor de verschillende configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark een gering (0/-; conf 1, 2 en 3a) tot matig (-; conf 3b –stockage 5 m) negatief effect zal hebben voor het mariene ecosysteem en dus steeds binnen de aanvaardbare normen ligt.

B. Basisscenario

In Tabel 4.6.3 wordt de biotoopverstoring weergegeven voor het basisscenario.

Tabel 4.6.3: Biotoopverstoring – Basisscenario (op basis van 2 configuraties Norther)

Biotoopverstoring (m²)	Basisscenario (incl. Conf. 1 - 86 MP * 3 MW)	Basisscenario (incl. Conf. 3b - 47 GBF * 10 MW)
Direct	159.708,00	256.349,00
Indirect (stockage 5 m)	42.533,16	900.240,39
Totaal (stockage 5 m)	202.241,42	1.156.589,77

De totale biotoopverstoring in het basisscenario wordt mee bepaald door de 6 reeds geplaatste gravitaire turbines van C-Power (57.984 m²/ 6 GBF) en de 55 geplaatste monopiles van Belwind (32.349 m²/ 55 MP). Relatief gezien is de bijdrage van Belwind klein daar hier enkel direct biotoopverlies in rekening moet gebracht worden. De totale biotoopverstoring voor het worst case basisscenario verschilt nagenoeg niet met het worst case configuratiealternatief 3b van Norther. Het aandeel ten opzichte van de afgebakende windconcessiezone en het Belgische deel van de Noordzee is dus zeer vergelijkbaar. Bijgevolg wordt ook voor de basisscenario's het effect als gering (0/-; incl. conf 1) tot matig (-; incl. conf.3b) negatief beschouwd.

Verlies aan organismen

Ongeacht het funderingstype en de gebruikte techniek mogen we veronderstellen dat de volledige biotische zone die zich bevindt onder het stuk zeebodem dat in beslag wordt genomen, zal worden vernietigd door zowel het verwijderen, het verstikken, het beschadigen of het doden van de organismen door de hei- en baggeractiviteiten en het storten van uitgebaggerd zand. Het direct verwijderen van organismen en individuen wordt beschouwd als een wezenlijke biologische impact.

Het verlies aan endobenthische organismen is recht evenredig met het biotoopverlies/verstoring. Ondanks het ontbreken van site-specifieke data (biomassa en populatiestructuur) kan het letale effect afgeleid worden uit de gegevens van de referentiestudie van de Thorntonbank (De Maerschalck *et al.*, 2006). Deze indicatieve waarde wordt gebaseerd op de gemiddelde biomassawaarde voor de twee concessiegebieden (top + randzone) op de Thorntonbank. Voor het macrobenthos bedraagt deze waarde 2,87 g (voorjaar) en 2,41 g asvrij drooggewicht/m² (najaar). Rekening houdende met een verhouding drooggewicht/natgewicht van 8 %, komt dit neer op een natgewicht aan biomassa van 35,8 g/m² (voorjaar) en 30,1 g/m² (najaar). Het epibenthos draagt minder bij tot de biomassa (max. 0,14 g WW/m²). De seizoensgebonden schommeling is echter wel groter.

Op grond van de deze cijfers kunnen we het verlies aan biomassa (macro- en epibenthos) ramen op ongeveer 33 g/m². Deze inschatting is van dezelfde grootteorde als het biomassaverlies berekend in de studie voor de Deense windparken (41 g/m²) (Leonhard, 2000).

Uitgaande van de hierboven berekende oppervlakte (biotoopverlies/verstoring) kan een inschatting gemaakt worden van het verlies aan organismen voor zowel de verschillende configuratiealternatieven van Norther als voor het basisscenario.

A. Configuratiealternatieven Norther

Tabel 4.6.4: Biomassaverlies – North Sea Power

Biomassaverlies (kg)	Configuratie 1 (86 MP * 3 MW)	Configuratie 2 (74 JF * 6,15 MW)	Configuratie 3a (47 JF * 10 MW)	Configuratie 3b (47 GBF * 10 MW)
Stockage 1 m	4.285,38	40,41	26,24	118.060,74
Stockage 5 m	3.692,95	40,41	26,24	35.186,45

Het totale verlies aan biomassa bedraagt minimaal 26 kg (conf 3a) en maximaal 35.186 kg (conf 3b), waarvan het grootste aandeel afkomstig is van biomassaverlies tengevolge van de stockage van uitgebaggerd zand (zie voor verhoudingen naar paragraaf biotoopverstoring). Rekening houdend dat naast het aanwezige macro- en epibenthos ook een fractie mobiele organismen (vnl. vissen) door de constructie van het windpark zullen beschadigd of zelfs gedood worden door verstikking tijdens de graafwerken, wordt het maximale totale verlies (conf 3b) op ruwweg 50.000 kg geschat.

De monitoringsresultaten van C-Power voor het jaar 2008 (Reubens *et al.*, 2009b) en voor het jaar 2009 (Coates & Vincx, 2010) tonen aan dat de impact van de eerste zes GBF turbines op het endobenthos van zachte substraten in de eerste twee jaar na implementatie eerder laag is. Seizoensale en jaarlijkse variaties in densiteit, diversiteit, biomassa, productiviteit en gemeenschapssamenstelling blijken een belangrijker

gegeven te zijn. De berekende verliezen voor C-Power zijn van dezelfde grootteorde als voor de Norther configuratiealternatieven 1 (en dus ook 2 en 3a), waardoor de effecten voor deze Norther configuraties als gering negatief (0/-) kunnen worden beoordeeld. Er dient echter vermeld te worden dat er in de dichte nabijheid van de sokkels geen stalen genomen konden worden. Om dit te verhelpen, zullen in de toekomstige monitoringsprogramma's kleine aanpassingen in de staalnamelocaties en de hoeveelheid stations gemaakt worden zodat het aantal replica's en de betrouwbaarheid van de resultaten kunnen verhoogd worden (Reubens *et al.*, 2009b; Coastes & Vincx, 2010).

Ondanks het relatief groot verlies aan organismen door de ontwikkeling van het North Sea Power windpark voor configuratiealternatief 3b (matig negatief effect), blijft de oppervlakte waarop de destructieve activiteiten zullen plaatsvinden beperkt in vergelijking met het totale Belgische deel van de Noordzee (<0,05 % (5 m stockage) of < 0,1 % (1 m stockage)). De effecten zullen naar verwachting dus ook in dit geval geen negatieve gevolgen hebben voor de totale bodemgemeenschap, tenzij het windpark zou geplaatst worden op een zeldzaam habitat of zeldzame soorten. Het projectgebied is echter niet aangeduid als beschermd gebied of gebied met belangrijke natuurwaarden (Degraer *et al.*, 2009b), waardoor de invloed van de mortaliteit op de biomassa of op het functioneren van het plaatselijke ecosysteem (BDNZ) als gering negatief (0/-) wordt beschouwd. Bovendien zal herkolonisatie van het verplaatste zand (stockage) in alle waarschijnlijkheid grotendeels plaatsvinden binnen het jaar.

Doordat het gebied afgesloten wordt voor (boomkor)visserij, wordt anderzijds een refugium gecreëerd voor macrobenthos. Het verlies van bodemorganismen ten gevolge van visserij (sterfte van 5-65 %) wordt hierdoor vermeden (E-connection, 2007). Lindeboom (2005) heeft berekend dat de effecten van de boomkorvisserij op het Nederlands Continentaal Plat het benthos 1.000-100.000 keer zwaarder belasten dan die van (het ruimtebeslag door) de offshore industrie, de zandwinning en de kabels en leidingen, gebruiksfuncties die te vergelijken zijn met de aanleg en de exploitatie van een offshore windpark. De directe negatieve invloed van de boomkorvisserij op het BDNZ zal naar verwachting dus hoger zijn dan de negatieve invloed die de funderingen, erosiebescherming en kabels uitoefenen op het mariene leven.

Onderzoek in een voor visserij gesloten veiligheidszone rond een offshore installatie op het Friese Front (centrale NCP) liet een veel beter ontwikkelde fauna zien dan in referentiegebieden op grote afstand van dit platform (Bergman *et al.*, 2005).

B. Basisscenario

Tabel 4.6.5: Biomassaverlies – Basisscenario (op basis van 2 configuraties Norther)

Biomassaverlies (kg)	Basisscenario (incl. Conf. 1 - 86 MP * 3 MW)	Basisscenario (incl. Conf. 3b - 47 GBF * 10 MW)
Stockage 1 m	13.080,49	124.380,85
Stockage 5 m	6.673,97	38.167,46

Het totale verlies aan biomassa voor het basisscenario zijn van dezelfde grootteordes als beschreven voor de configuratiealternatieven 1 en 3b van het North Sea Power windpark. Analooq aan de beschreven redenering en de berekeningen van het biotoopverlies ten opzichte van de windconcessiezone en het BDNZ,

zullen de effecten geen significante gevolgen hebben voor de totale bodemgemeenschappen op het BDNZ. Ondanks de significant grotere impact bij gravitaire funderingen (incl. conf 3b), wordt het relatieve verlies aan benthos ten opzichte van het BDNZ voor beide basisscenario's als gering negatief (0/-) beschouwd.

Verstoring door sedimentatie & turbiditeit

De baggeractiviteiten nodig voor het plaatsen van de windturbines, de funderingen én het storten van het uitgebaggerde zand (gravitair, statische monopile) zorgen niet enkel voor een (tijdelijk) verlies aan biotoop, maar ook voor een verhoogde sedimentatie en turbiditeit in de onmiddellijke omgeving van de werken.

Door de vertroebeling van de waterkolom dringt er minder licht door. Dit kan eventueel de groei (primaire productie) van het fytoplankton belemmeren waardoor mogelijks de voedselketen beïnvloed wordt. De verhoogde aanwezigheid van sedimentpartikels in de waterkolom kan leiden tot het verstopping van de filtermechanismen van de organismen met mogelijks fatale gevolgen. In vergelijking met de zandontginningsactiviteiten (gemiddeld $\pm 2 \text{ M m}^3/\text{jaar}$) die plaatsvinden op het BDNZ, is de intensiteit van baggeren voor de verschillende configuratiealternatieven van North Sea het grootst bij keuze voor configuratiealternatief 3b (gravitaire fundering) ($3,2 \text{ M m}^3/2 \text{ jaar}$). Voor het basisscenario (incl. conf. 3b) bedraagt dit $3,6 \text{ M m}^3/2 \text{ jaar}$. Deze intensiteiten zijn van dezelfde grootteorde als de zandontginningsactiviteiten. De specifieke impact door sedimentatie ten gevolge van zandextractie op het BDNZ is mede rekening houdende met de natuurlijke hoge inputs van gesuspendeerd materiaal ten gevolge van getijden- en golfwerking (zeer dynamisch systeem) als aanvaardbaar beschouwd (Ecolas, 2006). De levensgemeenschap is namelijk goed aangepast aan een zandige ondergrond die van nature in beweging is. Analooq met deze bevindingen, kunnen we veronderstellen dat de verstoring door sedimentatie ten gevolge van de baggeractiviteiten voor het windpark North Sea Power matig negatief (-) zal zijn indien gekozen wordt voor gravitaire funderingen. In het geval van monopile (conf 1) of jacket funderingen (conf 2 en conf 3a) zal dit slechts een gering negatief (0/-) effect zijn. Voor het basisscenario wordt het effect eveneens als matig negatief (-) geëvalueerd, daar het slechts om 6 bijkomende gravitaire funderingen gaat van C-Power. De dichtheid en soortenrijkdom van de benthische gemeenschappen zal naar verwachting binnen het jaar grotendeels (60-80 %) hersteld zijn na stopzetting van de baggerwerken (Ecolas, 2006; Bio/consult as, 2005). Bij het herstel zullen in eerste instantie r-strategen (pionierssoorten: snelle groei en veel nakomelingen) domineren.

4.6.1.4.2 Exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase zijn de mogelijke effecten op het macrobenthos van zachte substraten beperkt tot veranderingen in de hydro-fysico-chemische toestand van het projectgebied.

Andere vormen van verstoring

Zoals besproken onder de discipline water, zal de waterkwaliteit niet negatief beïnvloed worden door het potentieel vrijkomen van olie of de aanwezigheid van corrosiebescherming. Er worden ook geen veranderingen verwacht in de zuurstofhuishouding.

Daarnaast worden geen negatieve effecten gedetecteerd ten gevolge van veranderingen in de hydrodynamiek door de aanwezigheid van windparken op de zeebodemstructuur op de oorspronkelijke benthische gemeenschappen (Bio/consult as, 2005; Dong energy *et al.*, 2006).

Tenslotte kan tengevolge van hersteloperaties tijdens de exploitatiefase (bv. eventuele aanpassingen aan de erosiebescherming) mogelijke verstoring door sedimentatie plaatsvinden, maar dit effect zal klein zijn in vergelijking met deze vorm van verstoring tijdens de constructiefase.

Voor de verschillende configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark en de basisscenario's worden geen effecten verwacht voor het macrobenthos van zachte substraten ten gevolge van deze vormen van verstoring tijdens de exploitatiefase.

4.6.1.4.3 Ontmantelingsfase

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingsfase gelijkaardig zullen zijn aan die van de bouwphase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn. Dezelfde materialen en technieken zullen worden gebruikt. Voor het macrobenthos van de zachte substraten kunnen de effecten als volgt worden samengevat:

- De biotoopverstoring en het gerelateerde biomassaverlies zal tijdens de ontmantelingsfase beperkt blijven tot de oppervlaktes die effectief verstoord worden tijdens het weghalen van de structuren. Er zal dus geen indirecte verstoring meer plaatsvinden door stockage (bij keuze voor de gravitaire fundering).
- Er zal een tijdelijke verstoring (0/-) in het gehele concessiegebied optreden door het opwoelen van de zeebodem en de sedimentatie die kunnen leiden tot verstoppingen van filterorganen van benthische organismen en wijzigingen in de turbiditeit.

4.6.1.4.4 Bekabeling

De belangrijkste effecten tengevolge van de bekabeling voor het macrobenthos van zachte substraten zijn biotoopverstoring en verhoogde turbiditeit. Eventueel kunnen zich effecten voordoen door het ontstaan van elektromagnetische velden en opwarming van de zeebodem rond de kabel, maar deze effecten zijn voor het macrobenthos nog onvoldoende gekend. Voor een algemene beschrijving van de effecten door elektromagnetische straling en opwarming wordt verwezen naar het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten.

Er worden twee mogelijke kabeltracés voor de exportkabel voorgesteld door Norther (ongeacht het configuratiealternatief), die verschillen naar ligging en naar vermogen, maar beiden wel aanlanden te Zeebrugge (westelijke zijde van haven). Voor een gedetailleerde beschrijving van de kabelalternatieven wordt verwezen naar hoofdstuk (Alternatieven).

De lengte aan parkkabel zal echter wel verschillen per configuratiealternatief daar het aantal en de ligging van de windturbines hiervoor bepalend is. De belangrijkste effecten zullen echter bepaald worden door de aanleg en de exploitatie van de exportkabel. De onderstaande effectbeschrijving is dus geldig voor de verschillende configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark als voor de basisscenario's. Voor de mogelijke effecten ten gevolge van verschillende offshore kabeltracés wordt verwezen naar het hoofdstuk cumulatieve effecten.

Biotoopverstoring

Zowel tijdens de voorbereidingswerken als tijdens de offshore installatie van de kabels zal er een tijdelijke en lokale biotoopverstoring optreden. Tijdens de voorbereidingswerken zal dit vooral het geval zijn tijdens de nivellering of pre-sweeping en pre-run, aangezien hierbij er een soort van sleep- en/of baggertechniek zal gehanteerd worden, waarbij de bodem lokaal wordt omgewoeld.

De totale lengte aan parkkabel bedraagt tussen de 62 km (configuratie 1) en 71,3 km (configuratie 2). Hierbij wordt telkens gerekend met 2 OHVS'en. De exportkabel met aanlanding te Zeebrugge heeft een lengte van ca 24,1 km vanaf OHVS 1 (westelijk) en 24,6 km vanaf OHVS2 (oostelijk). Daarbij komt de afstand van 2,8 km tussen beide OHVS'en. Er van uit gaande dat de volledige werkzone als verstoord oppervlak kan aangezien worden, zal er een zone van < 0,1 km² (parkbekabeling, ca. 1 m sleuf) en ca. 0,25 km² (exportkabel, ca. 5 m sleuf) verstoord worden ongeacht het configuratiealternatief. Aangezien deze verstoring in vergelijking met het volledige BDNZ als beperkt in omvang kan aanzien worden en de werkzaamheden slechts tijdelijk van aard zullen zijn, wordt het effect van biotoopverstoring op macrobenthos als verwaarloosbaar (0/-) beoordeeld.

Dit besluit wordt tevens bevestigd door een onderzoek uitgevoerd door Andruliewicz *et al.* (2003), waarbij de impact van het leggen van de SwePol Link transmissiekabel op de macrobenthosgemeenschap bepaald werd. Een vergelijking van de macrobenthosgemeenschap vóór en één jaar na het leggen van de kabel geven aan dat er geen wezenlijke veranderingen zijn inzake compositie, abundantie en biomassa wat zou kunnen gerelateerd zijn aan de biotoopverstoring als gevolg van de aanleg van de kabel. Enkel in een bepaalde zone waar een minder dynamische bodem aanwezig is, zijn er geringe indicaties dat het leggen een impact heeft op het macrobenthos. In deze zone werd vastgesteld dat de grootte van de individuen een jaar na het leggen van de kabel minder groot was dan voor het leggen van de kabel. Bijkomend kan er bovendien van uit gegaan worden dat er na de werkzaamheden een natuurlijk herstel van de benthosgemeenschap zal optreden.

Verstoring door turbiditeit

Tijdens bepaalde voorbereidingswerken (nivellering of pre-sweeping, pre-run) en het leggen van de kabels zal er een verhoogde sedimentatie en turbiditeit optreden in de onmiddellijke omgeving van de werken. De grootteorde van de verhoogde turbiditeit zal afhankelijk zijn van de gebruikte techniek, namelijk ploegen of jetting.

Door de vertroebeling van de waterkolom dringt er minder licht door. Dit kan eventueel de groei (primaire productie) van het fytoplankton belemmeren waardoor mogelijks de voedselketen beïnvloed wordt. De verhoogde aanwezigheid van sedimentpartikels in de waterkolom kan leiden tot het verstopping van de filtermechanismen van de organismen met mogelijks fatale gevolgen. In vergelijking met de zandontginningsactiviteiten (gemiddeld $\pm 2 \text{ M m}^3/\text{jaar}$) die plaatsvinden op het BDNZ, is de sedimentatie die zal optreden tijdens het leggen van de kabels, zowel voor het ploegen als voor het jetten van een veel kleinere grootteorde. De specifieke impact door sedimentatie ten gevolge van zandextractie op het BDNZ is mede rekening houdende met de natuurlijke hoge inputs van gesuspendeerd materiaal ten gevolge van

getijden- en golfwerking (zeer dynamisch systeem) als aanvaardbaar beschouwd (Ecolas, 2006). De levensgemeenschap is namelijk goed aangepast aan een zandige ondergrond die van nature in beweging is. Analooq met deze bevindingen, kunnen we veronderstellen dat de verstoring door de voorbereidingswerken en het leggen van de kabels voor het North Sea Power windpark vrijwel onbestaande (0) zal zijn.

Wat betreft de vergelijking van de twee technieken baggeren en jetting kan het volgende gesteld worden. Baggeren of ploegen leidt door de wijze waarop de grond wordt verplaatst (hydraulisch transport), tot een grotere vertroebeling van het zeewater (BERR, 2008). Een bijkomend voordeel van jetting ten opzichte van baggeren is dat bij het herstellen van de diepteligging (als kabels hun gronddekking zijn kwijtgeraakt) er geen risico is op beschadiging van de kabels (Grontmij, 2006a). Ondanks het besluit dat de impact voor beide types kabels en uitvoeringswijzen als zeer tijdelijk en lokaal wordt beoordeeld (zie discipline 'Water'), leidt jetting tot minder verstoring van het onderwaterleven en de waterkwaliteit, en tot minder risico op beschadiging van de kabels (BERR, 2008). Waar mogelijk zou dus voorgesteld worden om de kabeltracés te jetten. Gezien met jetting niet de vereiste ingraafdiepte kan bereikt worden bij een kruising van de vaargeul, kan hier gebruik gemaakt worden van baggeren. Ondanks de lichte voorkeur voor jetting, worden voor beide technieken vrijwel geen effecten verwacht voor het macrobenthos.

4.6.1.4.5 *Besluit bespreking en beoordeling effecten op macrobenthos van zachte substraten*

Samenvattend worden de effecten op het macrobenthos weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
Funderingstype	a	b		a	b
Constructiefase					
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Verlies aan organismen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Exploitatiefase					
Andere vormen van verstoring	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					
(Analoog constructiefase)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling					
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door turbiditeit	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)
Opwarming	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)

Ondanks bepaalde effecten (conf. 3b) als significant negatief worden ingeschat voor het concessiegebied, kunnen deze gerelativeerd worden indien ze gekaderd worden ten opzichte van de afgebakende windconcessie zone of het Belgische deel van de Noordzee. Op die manier kan worden aangetoond dat deze effecten aanvaardbaar blijven daar hun ruimtelijke impact relatief beperkt blijft en het ecosysteem van de Noordzee niet wordt bedreigd. Dit is bijvoorbeeld het geval voor biotoopverstoring.

De effecten op het macrobenthos van zachte substraten worden hierdoor als vrijwel onbestaande tot matig negatief ingeschat en kunnen dus allen als aanvaardbaar beschouwd worden (zie tabel besluit).

4.6.1.5 Leemten in de kennis

Tijdens de beschrijving van de referentiesituatie en de bespreking van de effecten werden een aantal leemten in de kennis vastgesteld.

Op basis van beschikbare literatuur (o.a. recente monitoringsrapporten C-Power en Belwind) is een zo goed mogelijke beschrijving gegeven van de huidige toestand van het projectgebied. De meerderheid van de beschikbare data zijn echter afkomstig van nabijgelegen gebieden. Een specifieke en gedetailleerde omschrijving van de referentiesituatie van het concessiegebied zelf zal echter noodzakelijk zijn om mogelijke effecten wetenschappelijk te kunnen achterhalen. Een grondige inventarisatie van het macrobenthos van de zachte substraten in het concessiegebied is daarom aangewezen.

De significante verschillen in de theoretische en in situ metingen van de volumes zand dat gebaggerd en al dan niet gestockeerd moeten worden bij de bouw van een windpark (voornamelijk bij de keuze voor gravitaire funderingen), tonen aan dat een betrouwbare inschatting van de zandbalans niet altijd evident is. Er zijn namelijk een aantal externe factoren zoals natuurlijke erosie, verlies door overflow die van belang zijn bij voor de theoretische berekeningen, die tot op heden niet in rekening werden gebracht of onderschat werden in het MER. Het opvolgen van de zandbalans en deze externe factoren (zeker bij gebruik van gravitaire funderingen) is daarom vanaf de start van de bouw van het windpark van belang. Dit zal verder worden aangehaald onder het luik 'monitoring'.

4.6.1.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

Gezien de leemten in de kennis is het moeilijk om in detail milderende maatregelen uit te werken. De klemtoon dient te worden gelegd op degelijke monitoring strategieën en bijkomend wetenschappelijk onderzoek. De voorgestelde mitigerende maatregelen en compensaties zijn zowel toepasselijk voor het macrobenthos als het epibenthos van zachte substraten.

Voor de plaatsing van de funderingen en de aanleg van de kabels dient een technisch-economische afweging te gebeuren van de best beschikbare technologie zodat de zeebodem zo minimaal mogelijk wordt verstoord. Er dient over gewaakt te worden dat de oppervlakte van de erosiebescherming en de (tijdelijke) stockage van zand niet groter is dan nodig.

De bouwmaterialen en steenbestortingen dienen zoveel mogelijk uit natuurlijke materialen vervaardigd te zijn en zullen geen afvalstoffen of secundaire grondstoffen bevatten. Het opvullen van de funderingsputten moet zoveel mogelijk gebeuren met zand van dezelfde kwaliteit als het oorspronkelijke zand.

Om de effecten van bekabeling zo klein mogelijk te houden is het van belang dat een voorstudie gebeurd van het kabeltracé om de optimale route en de gebruikte kabelmethodiek te selecteren. Om het effect minimaal te houden moet bij het leggen van de kabel gestreefd worden naar bundeling van de kabeltracés van de verschillende windparken. Norther heeft de intentie om het kabeltracé van Belwind en Eldepasco zo goed mogelijk te volgen.

Vanuit natuuroogpunt wordt voor het kruisen van pijpleidingen en kabels onderboring verkozen boven overkruising met steenbestorting en/of beschermingsmatrassen, omdat dit minder milieubelastend is. Technisch gezien is onderboring echter niet zo evident en er moet ook rekening gehouden worden met bepaalde veiligheidsrisico's die deze techniek met zich meebrengt. Een lichte voorkeur bestaat ook voor jetting.

Bij het uitbaggeren van de sleuf voor de kabels ter hoogte van de vaargeul dient geopteerd te worden voor het maximaal terugstorten van het oorspronkelijke materiaal of zand van dezelfde kwaliteit als het oorspronkelijk zand.

4.6.1.7 Monitoring

Monitoring moet het mogelijk maken om eventuele veranderingen in het ecosysteem als gevolg van de inplanting van het windpark te kunnen detecteren. Gezien momenteel verschillende windparken (mogelijk) actief worden binnen de afgebakende windconcessiezone (KB 17/05/2004; gewijzigd bij KB 03/02/2011) is een afstemming tussen de verschillende monitoringsprogramma's aangewezen. Opdat eventuele permanente veranderingen zouden kunnen vastgesteld worden, is een zeer grondige en langdurige monitoring van de diverse gemeenschappen vastgelegd in het monitoringsprogramma van het C-Power project (BMM, 2004), het Belwind project (Di Marcantonio *et al.*, 2007) en het Eldepasco project (BMM, 2009).

Voor het Norther project wordt met betrekking tot monitoring van het macrobenthos van zachte substraten bij het geïntegreerd programma van de reeds vergunde parken aangesloten. Een kort overzicht van de te bestuderen aspecten wordt hieronder gegeven. Voor meer details wordt verwezen naar de bovenvermelde monitoringsprogramma's en naar de aanbevelingen geformuleerd in het eerste resultatenoverzicht van monitoring voor offshore windparken in de Belgische mariene wateren (Degraer & Brabant, 2009).

Monitoring van het macrobenthos van zachte substraten:

- De bepaling van de referentietoestand (T0 situatie) en van de natuurlijk optredende fluctuaties in de macrobenthosgemeenschappen van zandige substraten in het projectgebied;
- Onderzoek naar welke soorten op de site aanwezig zijn gedurende welke perioden van het jaar;
- seizoenswaarnemingen van de biodiversiteit binnen het projectgebied;
- distributiepatronen per soort en per cohorte.

4.6.2 Epibenthos en visgemeenschappen van zachte substraten

Het epibenthos omvat alle organismen (> 1 mm) die op of dicht boven de zandbodem voorkomen en efficiënt met een boomkor worden bemonsterd. De belangrijkste groepen zijn de zeeanemonen (Anthozoa) behorend tot het phylum neteldieren (Cnidaria); de krabben (Brachyura), heremietkreeften (Anomura) en garnalen (Caridea) behorend tot de schaaldieren (Crustacea); het phylum schelpdieren (Mollusca) (voornamelijk twee-kleppigen (Bivalvia); zeehuisjesslakken (Gastropoda); inktvissen en pijlinktvissen (Cephalopoda)), en tenslotte het phylum stekelhuidigen (Echinodermata) (slangsterren (Ophiuroidea); zee-sterren (Asteroidea); zee-egels (Echinoidea)).

De studie van de vissen legt de nadruk op de demersale vissen. Deze groep van vissen zal namelijk het meeste rechtstreekse hinder ondervinden van de geplande activiteiten. De demersale visfauna wordt omschreven als de vissen die op of in de nabijheid van de bodem leven en efficiënt met een boomkor bemonsterd kunnen worden. De belangrijkste ordes van de demersale vissen zijn de Haringachtigen (Clupeiformes), de Grondels (Gobiidae), de Kabeljauwachtigen (Gadiformes), de Baarsachtigen (Perciformes), de Platvissen (Pleuronectiformes) en de Schorpioenvisachtigen (Scorpaeniformes).

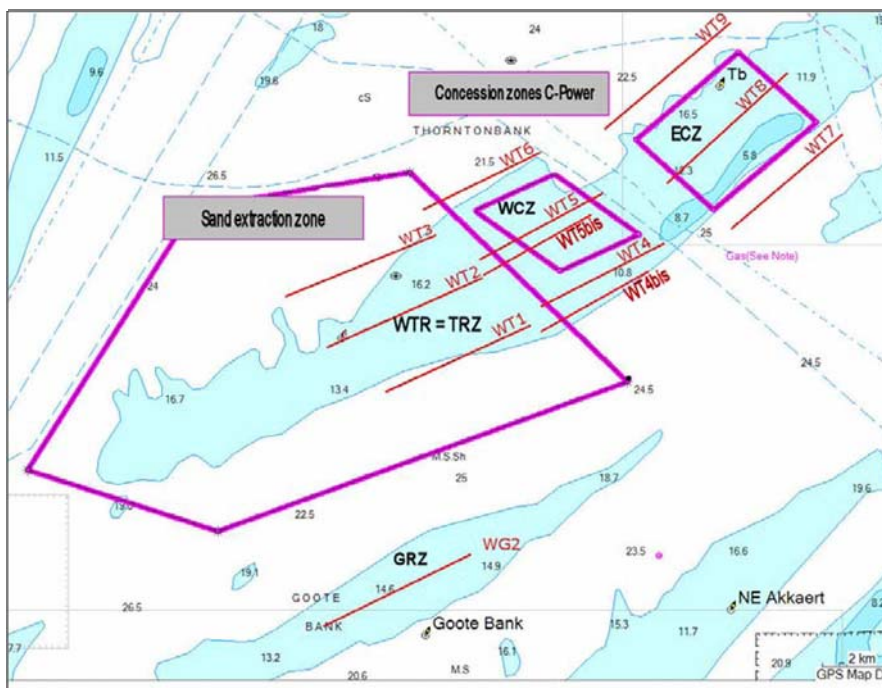
4.6.2.1 Methodologie

Analoog als voor het macrobenthos zal voor de beschrijving van de referentiesituatie van het epibenthos en de visgemeenschappen van de zachte substraten beroep worden gedaan op de studies uitgevoerd in het kader van het C-Power project op de Thorntonbank (De Maerschalck *et al.*, 2006; Vandendriessche *et al.*, 2009; Derweduwen *et al.*, 2010).

De Thorntonbank en zijn referentiegebieden (Thorntonbank & Goote Bank) werden met eenzelfde intensiteit bemonsterd in 2005 (jaar 0) en 2008 (jaar 1). In tegenstelling tot de campagne van 2005, werd in 2008 slechts 1 sleep op de top van de Goote Bank (WG2) herhaald en zijn 2 visslepen (WT4, WT5) 500 m verplaatst in de najaarscampagne van 2008 ten gevolge van de constructiewerken. Een overzicht van het aantal visslepen en hun locatie wordt gegeven in Tabel 1. Een visuele voorstelling hiervan wordt gegeven in Figuur 4.6.3. Voor de 2009 staalnamecampagne (jaar 2) zijn de resultaten gebaseerd op een kleiner aantal slepen daar door de hoge similariteit in de geul- en topstations resultaten (Vandendriessche *et al.*, 2009) enkele stations weggelaten werden.

Tabel 4.6.6 : Aantal visslepen per staalname locatie tijdens de 2005 en 2008 campagnes (Vandendriessche *et al.*, 2009)

	Concessiegebieden		Geulen		Referentiegebieden	
	2005	2008	2005	2008	2005	2008
Epibenthos	2	2	4	4	6	4
Demersale visfauna	2	2	4	4	6	4



Figuur 4.6.3: Positie van de visslepen (epibenthos en demersale vissen) op de Thorntonbank (WCZ = westelijke concessiegebied, ECZ = oostelijke concessiegebied), de aanpalende geulen en de referentiegebieden (WTR: Thorntonbank ; GRZ : Goote Bank) (Vandendriessche *et al.*, 2009)

Het epibenthos en de demersale visfauna werd bemonsterd met een 8-meter boomkor met een fijnmazig garnalennet (maaswijdte 22 mm in de kuil) en een bollenpees zonder wekkerkettingen. Het net werd over de bodem gesleept aan een snelheid van 4 knopen gedurende 30 minuten. De slepen volgden min of meer de dieptelijnen parallel met de kust om de variatie in diepte binnenin 1 sleep te beperken.

De inhoud van de netten werd verdeeld in 'epibenthos' en 'demersale vissen'. Beide componenten werden afzonderlijk behandeld waarbij volgende gegevens werden verzameld: de aangetroffen soorten, hun densiteit (ind./1000 m²), totale biomassa (g WW/ 1000 m²) per soort (enkel voor epibenthos) en de diversiteit (indices van Hill). Er werden verschillende multivariate analyses uitgevoerd voor de analyse van de gemeenschapsstructuur van het epibenthos en de visfauna.

Daarnaast werd het relatieve voorkomen van het epibenthos en de demersale visfauna in de 4 gebieden ruimtelijk gesitueerd t.o.v. de rest van het Belgische deel van de Noordzee. Daartoe werden de gegevens van densiteit en soortenrijkdom uit deze studie vergeleken met gegevens die verzameld werden tijdens dezelfde Belgica campagnes in het voor- en najaar 2005 in het kader van andere projecten door ILVO-Visserij. In totaal werden gegevens van 85 visslepen gebruikt (opgeslagen in de databank van ILVO-Visserij). De gegevens van beide seizoenen werden ter vereenvoudiging voor deze vergelijking uitgemiddeld, zodat 47 waarden overblijven.

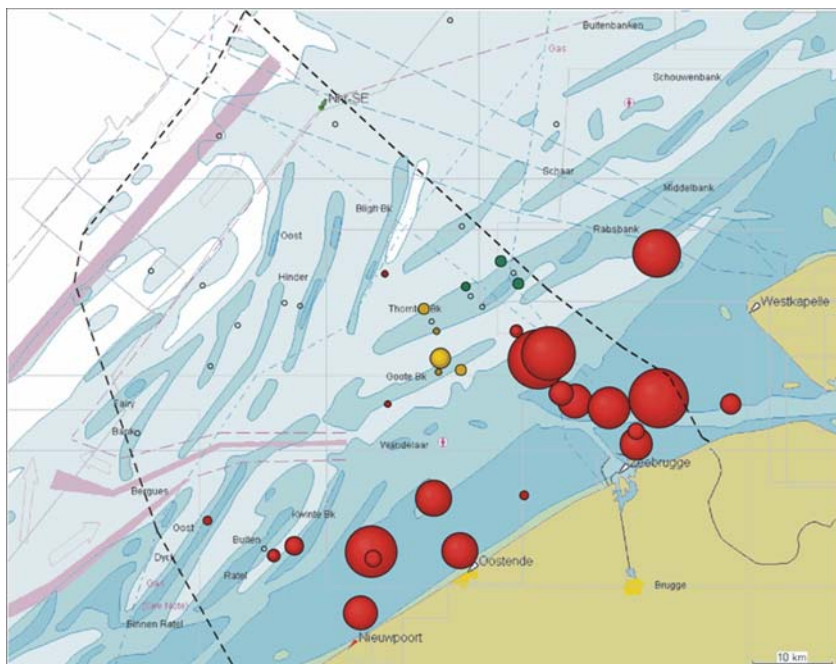
Tenslotte werden deze gegevens aangevuld met het recent monitoringsrapport en effectenstudie aangaande zand- en grindextractie op enkele Vlaamse Banken waaronder de Thorntonbank en de Goote Bank waarbij dezelfde bemonsteringsmethodes werden gehanteerd (De Backer *et al.*, 2010).

4.6.2.2 Referentiesituatie

4.6.2.2.1 Het Belgische deel van de Noordzee

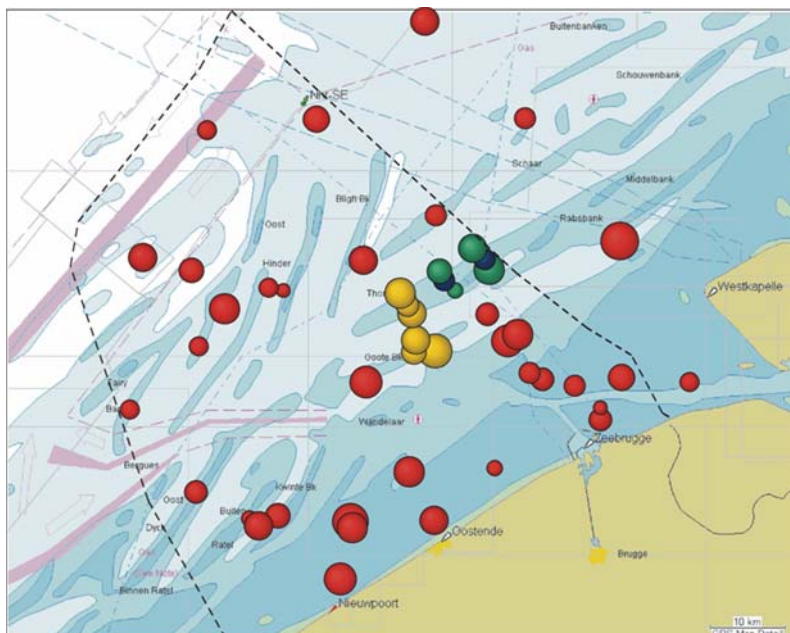
Epibenthos

Uitgaande van de resultaten van De Maerschalck *et al.* (2006) lag de gemiddelde densiteit in 2005 voor het epibenthos duidelijk een grootteorde hoger in de kustzone (tot 15 km uit de kust) in vergelijking met de rest van het BDNZ (Figuur 4.6.4). De gemiddelde densiteit varieerde tussen 2 en 1600 ind/1000m². De epibenthische densiteit nam beduidend af in de offshore gebieden >15 km uit de kust.



Figuur 4.6.4: Ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit in 2005 voor het epibenthos (blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden). De grootte van de bollen varieert tussen 2 en 1600 ind/1000m². (De Maerschalck *et al.*, 2006)

In totaal werden op het BDNZ (en het aangrenzende stukje NCP) 64 epibenthische soorten waargenomen in 2005, waarvan 50 soorten in het voorjaar en 54 soorten in het najaar. De gemiddelde soortenrijkdom varieerde tussen 8 en 22 soorten per vissleep (Figuur 4.6.5). Het aantal soorten lag 25 % lager in de oostelijke kustzone en op de Vlakte van de Raan t.o.v. de westelijke kustzone (die uitloopt naar het oosten toe in de noordwestelijke geul voorbij de Vlakte van de Raan). Hoewel niet eenduidig lag de epibenthische soortenrijkdom iets lager in de offshore gebieden >30 km uit de kust. Voor de soortenrijkdom was het verschil tussen deze 3 'zones' (oost, west, offshore) weliswaar minder duidelijk uitgesproken. De gemiddelde soortenrijkdom varieerde er tussen 12 en 20 soorten per vissleep. De densiteit en soortenrijkdom vertoonden een min of meer 4-jaarlijks oscillerend patroon in de randzones rond de Oostdyck en de Blijgh Bank te wijten aan hogere densiteiten van vooral gewone slangster *Ophiura ophiura*.



Figuur 4.6.5: Ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde soortenrijkdom in 2005 voor het epibenthos (blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden). De grootte van de bollen varieert tussen 8 en 22 soorten per vissleep (De Maerschalck *et al.*, 2006)

Recent monitoringonderzoek van De Backer *et al.* (2010) geeft aan dat er op basis van 80 staalnamepunten en 1 tot 9 campagnes in de periode lente 2004 – lente 2009 (herfst en lente campagnes, 9 campagnes in totaal) 92 soorten werden vastgesteld, waarbij de slangsterren het meest vertegenwoordigd zijn, gevolgd door de tweekleppigen en garnalen.

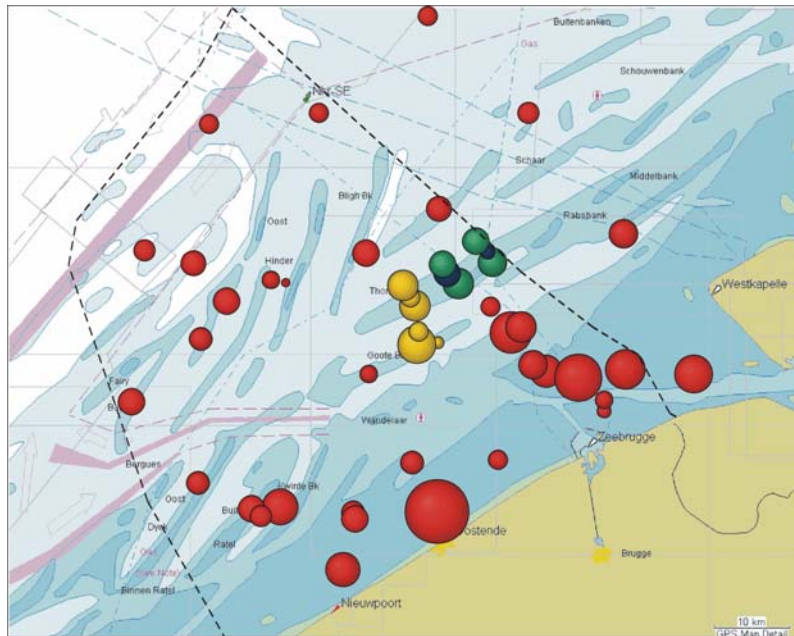
Op basis van deze staalnamecampagne stelt De Backer *et al.* (2010) tevens het volgende vast:

- De densiteit en biomassa is significant verschillend tussen de staalnames uitgevoerd in de kustzone enerzijds en offshore anderzijds. De densiteit (ind./1000m²) en biomassa (gWW/1000 m²) was significant hoger in de kustzone (323 ind./1000 m², 887 gWW/1000 m²) in vergelijking met de zone offshore (22 ind./1000 m², 70 gWW/1000 m²).
- Wat de soortenrijkdom betreft, zijn er geen significante verschillen tussen de verschillende zones (kust en offshore). In de staalnames genomen tijdens de herfst is de soortenrijkdom wel hoger dan in de staalnames die genomen zijn tijdens de lente. Op basis van de diversiteitsindex N1 kan er afgeleid worden dat de diversiteit in de kustzone minder groot is dan offshore.
- Er werden geen significante verschillen waargenomen tussen de staalnames in de offshore geulen en banken.
- Bij vergelijking van de staalnames tussen de verschillende jaren onderling is het verschil verwaarloosbaar.

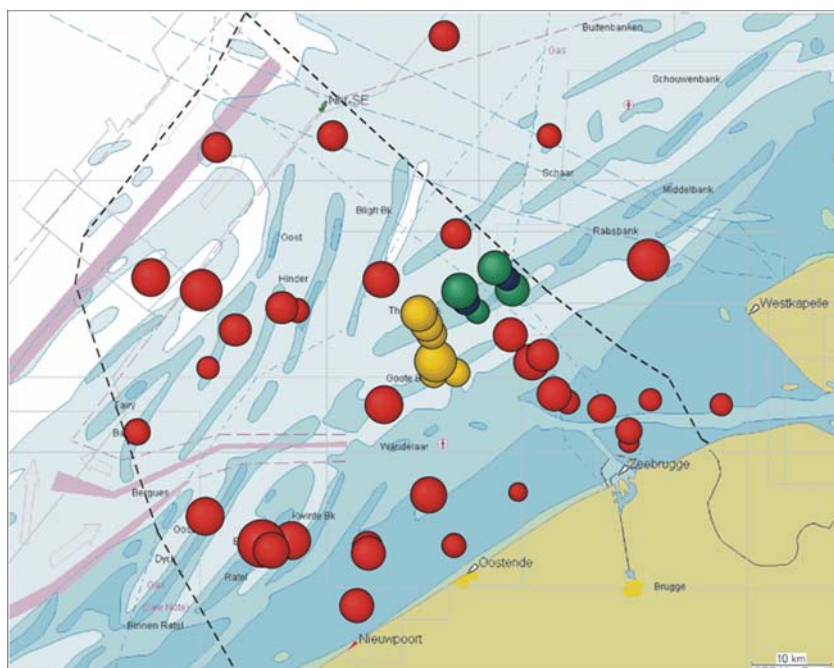
Vissen

Analoog aan het epibenthos, is de kustzone duidelijk rijker aan demersale vissen dan de verderaf gelegen gebieden (Figuur 4.6.6). In totaal werden op het BDNZ (en het aangrenzende stukje NCP) 52 demersale

vissoorten waargenomen in 2005, waarvan 38 soorten in het voorjaar en 45 soorten in het najaar. De gemiddelde soortenrijkdom varieerde tussen 9 en 24 soorten per vissleep (Figuur 4.6.7). Het aantal soorten lag 25 % lager in de oostelijke kustzone in vergelijking met de kustzone tussen 5 en 15 km uit de kust. Ook in de offshore gebieden van het BDNZ > 30 km uit de kust (Hinderbanken) lag de soortenrijkdom vrij hoog.



Figuur 4.6.6: Ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde densiteit in 2005 voor de demersale visfauna (blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden). De grootte van de bollen varieert tussen 4 en 184 ind/1000m². (De Maerschalck *et al.*, 2006)



Figuur 4.6.7: Grafische weergave van de ruimtelijke verspreiding van de gemiddelde soortenrijkdom in 2005 voor de demersale visfauna (blauw: concessiegebieden, groen: randzones, geel: referentiegebieden, rood: andere gebieden). De grootte van de bollen varieert tussen 9 en 24 soorten per vissleep). (De Maerschalck *et al.*, 2006)

Op basis van recentere data (lente 2004 – lente 2008; 82 staalname stations; 1 tot 9 campagnes) werden door De Backer *et al.* (2010) in totaal 69 vissoorten waargenomen. De belangrijkste groepen vissoorten op het BDNZ zijn:

- Baarsachtigen (28 %) (vb. pieterman);
- Platvissen (27 %) (vb. tong, schar, pladijs...);
- Grondels²³ (21 %);
- Haringachtigen (9 %) (vb. haring, sprot);
- Kabeljauwachtigen (9 %) (vb. wijting, kabeljauw);
- Schorpioenvis (6 %).

Verder concludeert De Backer *et al.* (2010) nog het volgende:

- De dichtheid en soortenrijkdom in de stalen genomen gedurende de lente zijn het grootste in de geulen van de offshore stations (gemiddeld 29 ind./1000 m²).
- In de herfst worden de hoogste dichtheiden en soortenrijkdom vastgesteld in de kustzone (gemiddeld 68 ind./1000 m²) en de Vlakte van de Raan (gemiddeld 96 ind./1000 m²). De laagste waarden worden vastgesteld t.h.v. de Thornton en Goote Bank (gemiddeld 33 ind./1000 m²) en de offshore zone (gemiddeld 37 ind./1000 m²).
- Wat betreft soortenrijkdom is er een algemene stijging vanaf de kust verder offshore, waarbij de hoogste waarde wordt vastgesteld ter hoogte van de Vlaamse Banken (gemiddeld 19 soorten).
- Wat de soortensamenstelling betreft, worden er grote verschillen waargenomen tussen de kust- en offshore stations en de lente- en herfststalen. Tijdens de lente zijn er in de kustzone vooral hoge concentraties aan grondels en haringachtigen; in de offshore stations zijn de baarsachtigen het meest dominant aanwezig. De groep van de platvissen is in alle zones goed vertegenwoordigd.

4.6.2.2.2 *Het projectgebied* **Epibenthos**

Een gelijkaardig aantal soorten werd waargenomen voor beide jaren (35 soorten in 2005; 37 in 2008), waarvan 29 gemeenschappelijk voor beide jaren. Beide jaren werden ook gekenmerkt door een grotere diversiteit in de herfst dan in de lente. Algemeen is er een duidelijk onderscheid in het soorten aantal (N0) op de top van de zandbank en de geulen, met een gemiddelde van 9 soorten per vissleep op de toppen en 14 soorten in de geulen voor lente 2008 en respectievelijk 15 en 18 soorten per vissleep voor herfst 2008. Voor de andere diversiteitsindices waren deze verschillen tussen top en geul niet zo uitgesproken. Dezelfde dominante soorten worden zowel op de bank als in de geul aangetroffen. In het voorjaar van 2008 werden volgende 6 soorten in alle stalen van de Thorntonbank/ Goote Bank regio teruggevonden: gewone slangster *Ophiura ophiura* (Echinodermata), kleine slangster *Ophiura albida* (Echinodermata), grijze garnaal *Crangon crangon* (Caridea), hermietskreeft *Pagurus bernhardus* (Anomura), gewone zwemkrab *Liocarcinus holsatus* (Brachyura) en de zeester *Asterias rubens* (Echinodermata). Dezelfde soorten kwamen voor in het najaar van 2008, samen met *Sepiolo atlantica* en dwergpijlintvis *Alloteuthis subulata* (Cephalopoda).

²³ Grondels behoren eigenlijk tot de Baarsachtigen, maar omwille van het grote aandeel worden ze hier toch afzonderlijk opgenomen.

Terwijl in 2005 een daling in denstiteiten kon worden vastgesteld van voorjaar (40 ind./1000 m²) naar najaar (13 ind./1000m²), werd in 2008 het omgekeerde waargenomen voor alle zones (respectievelijk 15 ind./m² voor voorjaar en 35 ind./1000m² voor het najaar) (Tabel 4.6.7). De stations op de top van de zandbanken zijn meestal gekenmerkt door een veel lagere densiteit (D) en biomassa (B) (gemiddeld 3x) dan de diepere stations (Figuur 4.6.8). De Thorntonbank werd in het voorjaar gedomineerd door garnalen (D: 75 %) en stekelhuidigen (D: 15 %), met uitzondering van NW geul van het oostelijke concessiegebied waar de garnalen vervangen werden door heremietkreeften (D: 80 %), zowel qua densiteit als biomassa. Het biomassa aandeel van de soorten toonde echter grote verschillen naargelang locatie.

In het najaar waren de garnalen minder abundant aanwezig (D: gemiddeld 10 %), en waren de dominante soorten stekelhuidigen (D: 40 %; B: 30 %), krabben (D: 9 %; B: 25 %) en heremietkreeften (D: 30 %; B: 15 %). In het najaar werden ook meer andere soorten gevonden voornamelijk inktvisachtigen (cephalopoda) en tweekleppigen (bivalvia)²⁴.

Tabel 4.6.7 : Overzicht van de gemiddelde densiteit van het epibenthos per taxonomische groep op de Thorntonbank (Vandendriessche *et al.*, 2009)

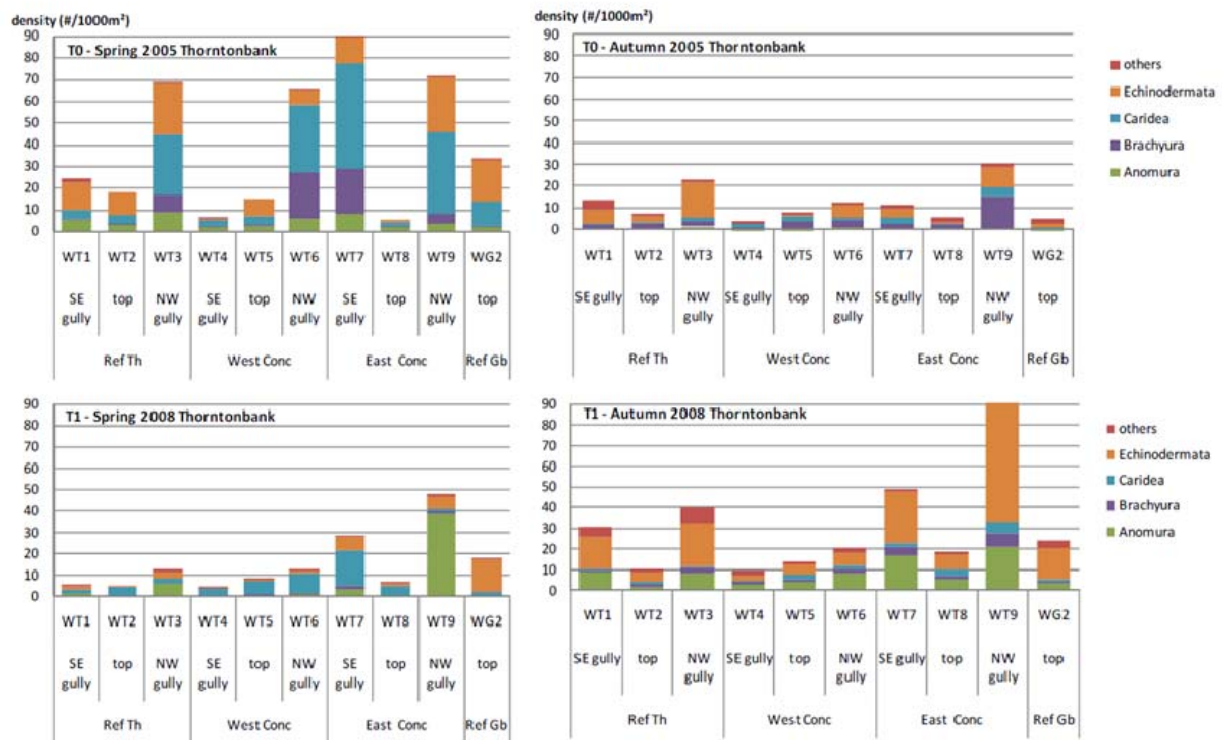
		Densi- teit	Gemiddelde densiteit per taxonomische groep (#/1000 m ²)							
		#/1000 m ²	Anomur a	Brachy ura	Caridea	Echinod ermata	Bivalvia	Cephal opoda	Gastrop oda	Other
Spring	2005	40	4,6	6,2	18,0	11,3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	2008	15	5,9	0,6	5,5	2,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Autumn	2005	13	0,7	3,8	1,5	5,2	0,3	1,1	0,4	< 0,1
	2008	35	8,7	2,4	1,9	17,2	1,5	1,3	1,8	< 0,1

Vandendriessche *et al.* (2009) toont dat enkele algemene trends konden worden waargenomen voor het epibenthos op basis van de campagnes van 2005 en 2008. Alle analyses betreffende de soortensamenstelling, densiteit, biomassa, diversiteit en lengte frequentie van het epibenthos toonden een duidelijk verschil aan tussen de zandbankstations en de geulstations, waarbij hogere (tot zes keer hoger) densiteiten werden genoteerd in de geulen. Dit toont aan dat aanpalende geulen diverser en rijker zijn de zandbanken zelf. Stalen uit geulen vertoonden echter wel een grotere onderlinge variatie dan zandbankstalen. De aangetoonde seizoenale, interannuele en ruimtelijke variatie was vooral het gevolg van wisselende proporties van een aantal algemene epibenthische soorten zoals de grijze garnaal, twee soorten slangsterren, heremietkreeft, zwemkrab, sepiola en dwergpijlinktvis.

De densiteitswaarden voor de concessiegebieden, de randzones en de referentiegebieden uit deze studie waren vrij laag, intermediair tussen de kustwaarden en de verderaf gelegen gebieden, en vergelijkbaar met o.a. de randzones rond de Buitenratel en de Oostdyck. Dit kwam grotendeels overeen met andere studies van ILVO-Visserij die gebruik maakten van gegevens uit andere jaren (zie o.a. Calewaert *et al.*, 2005; De Backer *et al.*, 2010).

²⁴ Strikt genomen behoren (bijna) alle bivalven tot het macrobenthos daar ze in het sediment leven. Soorten die echter in hoge densiteiten voorkomen zoals bijvoorbeeld *Spisula*, *Macoma*, *Abra* kunnen echter ook aangetroffen worden in epibenthische stalen (boomkor), maar zijn niet kwantitatief bemonsterd. In het verleden werden die meegenomen in de analyses uitgevoerd door ILVO, UGent. Enkele voorbeelden van epibenthische bivalven zijn mosselen, pecten, oesters, maar deze komen praktisch niet voor in de Belgische Noordzee (offshore).

Uitgaande van de ligging van het projectgebied (in het geulsysteem tussen de twee banken) kan hier eenzelfde soortensamenstelling verwacht worden als beschreven voor de geulen met als belangrijkste vertegenwoordigers gewone slangster *Ophiura ophiura*, kleine slangster *Ophiura albida*, heremietskreeft *Pagurus bernhardus* en de zeester *Asterias rubens*. De geulen zijn over het algemeen rijker (densiteit en diversiteit) dan de toppen van de zandbanken voor het epibenthos, maar in vergelijking met de rijkere kustgebieden (Figuur 4.6.4; Figuur 4.6.5) blijven ze toch van minder ecologisch belang.



Figuur 4.6.8: Densiteiten van het epibenthos per taxonomische groep voor alle staalnamelocaties op de Thorntonbank, lente (boven) en herfst (beneden) 2005 & 2008 (Vandendriessche *et al.*, 2009)

Vissen

Een gelijkaardig aantal soorten werd waargenomen voor beide jaren (40 soorten in 2005; 37 in 2008), waarvan een aantal (7 soorten voor 2005; 6 voor 2008) slechts in één jaar geobserveerd werden. Deze soorten kwamen echter slechts in beperkte mate voor.

In het voorjaar waren de belangrijkste soorten in termen van densiteit in alle zones: sprot *Sprattus sprattus* en haring *Clupea harengus* (Clupeiformes), naast rasterpitvis *Callionymus reticulatus* en in mindere mate gewone pitvis *Callionymus lyra* en kleine pieterman *Echiichtys vipera* (Perciformes), en schar *Limanda limanda* en dwergtong *Buglossidium luteum* (Pleuronectiformes). Het najaar werd overheerst door horsmakreel *Trachurus trachurus*, kleine pieterman *Echiichtys vipera*, beide pitvissen en dikkopje *Pomatoschistus minutus* voor de Perciformes en dwergtong *Buglossidium luteum* en schar *Limanda limanda* voor de Pleuronectiformes. De soortensamenstelling voor 2005 en 2008 is vergelijkbaar, maar duidelijke verschillen in densiteit werden waargenomen voor de meest dominante soorten (meest uitgesproken voor de Clupeiformes). In het voorjaar van 2005 behoorden de belangrijkste vertegenwoordigers tot de Clupeiformes (>80 %). In het najaar echter waren de Clupeiformes zo goed als afwezig (Tabel 4.6.8).

Visdensiteiten waren algemeen hoger in de herfst dan in de lente (met uitzondering van de haringachtigen), en waren substantieel lager in 2008 dan in 2005 (65 % reductie) (Tabel 4.6.8).

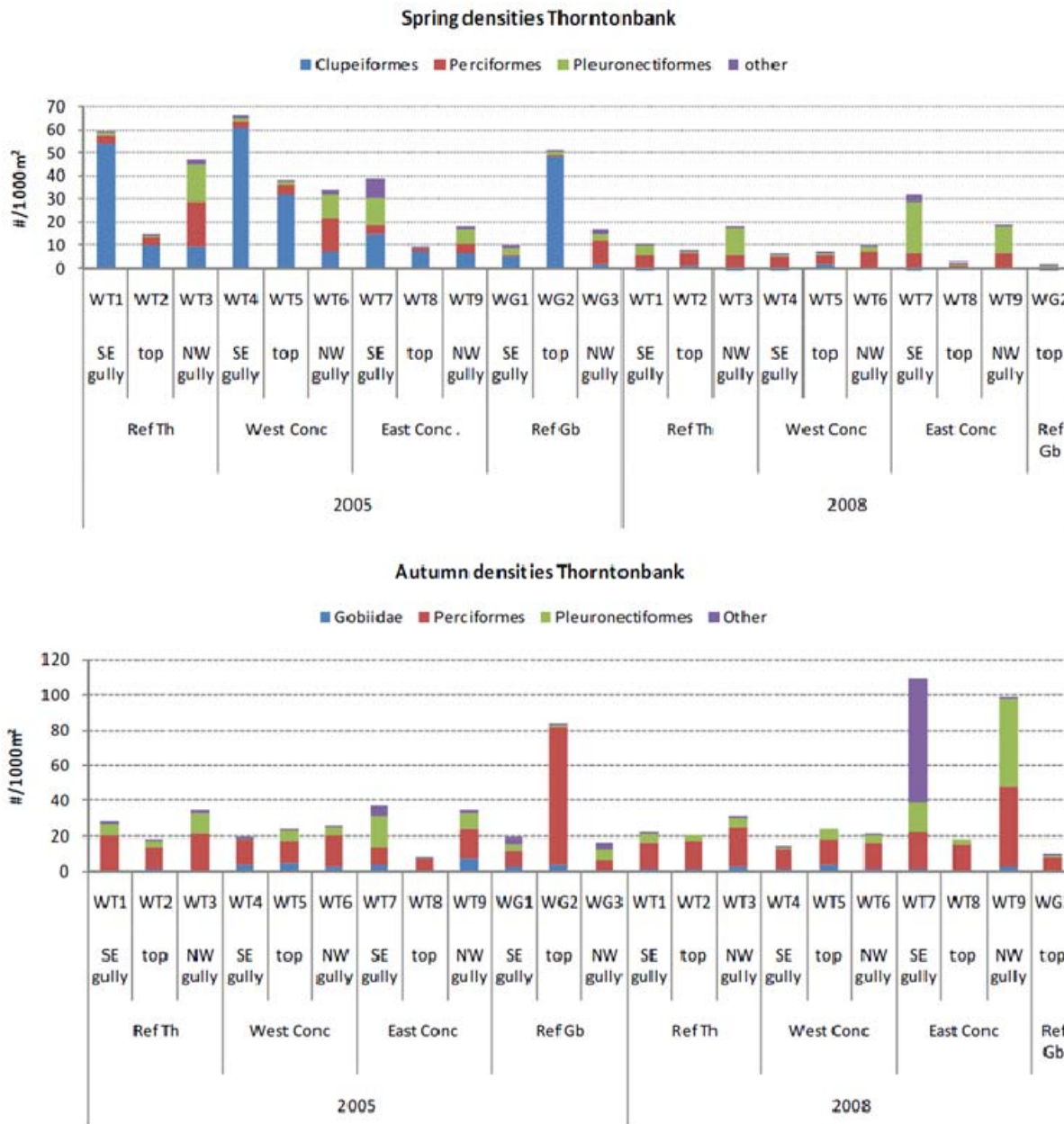
Tabel 4.6.8: Overzicht van de gemiddelde densiteit van de demersale visfauna per taxonomische groep op de Thorntonbank (Vandendriessche *et al.*, 2009)

		Densiteit	Densiteit per taxonomisch groep (#/1000 m ²)						
		#/1000 m ²	Clupeiformes	Gadiformes	Gobiidae	Other	Perciformes	Pleuronctiformes	Scorpaeniformes
Spring	2005	34	21,6	0,4	0,5	0,1	5,6	4,7	1,0
	2008	12	0,6	0,3	0,3	<0,1	4,8	5,6	0,2
Autumn	2005	30	<0,1	1,7	3,0	<0,1	18,8	6,2	0,2
	2008	37	0,1	17,6	2,2	0,1	18,1	9,6	0,2

In het Thorntonbank monitoringsgebied waren de verschillen tussen geulen en banken het meest uitgesproken in de lente, waarbij hogere (gemiddeld 22 %) densiteiten werden waargenomen in de geulen. De groepen van de baarsachtigen en de platvissen waren het jaar rond abundant aanwezig. Daarnaast werden lokaal hoge densiteiten waargenomen van haringachtigen (lente 2005) en kabeljauwachtigen (herfst 2008). De piek van haringachtigen in 2005 (22 ind./1000 m²) is te wijten aan het abundant voorkomen van sprot (*Sprattus sprattus*) en haring (*Clupea harengus*). De reductie van deze soorten in 2008 was zichtbaar voor alle stations en zones, waardoor de verschillen tussen 2005 en 2008 (spring) te wijten zijn aan interannuele variaties in het voorkomen en/ of de demografie van deze soorten.

Vandendriessche *et al.* (2009) toont dus gelijklopende patronen voor de Thorntonbank en de Goote Bank. Voor de Goote Bank zijn de waargenomen densiteiten voor 2005 en 2008 wel verschillend (Figuur 4.6.9). De variaties in biotische variabelen (densiteit, diversiteit, biomassa, lengte frequentie) betreffende de demersale vissen zijn vooral toe te schrijven aan seizoensale, interannuele en ruimtelijke (geulen versus banken) verschillen. Uitgaande van de ligging van het projectgebied (in het geulsysteem tussen de twee banken) kan hier eenzelfde soortensamenstelling verwacht worden als beschreven voor de geulen met als belangrijkste vertegenwoordigers schar, pitvis en dwergtong. In sommige aspecten (vnl. densiteit) zijn de geulen een rijker gebied als de toppen van de zandbanken voor demersale vissen, maar in vergelijking met de rijkere kustgebieden (Figuur 4.6.6, Figuur 4.6.7) blijven ze toch van minder ecologisch belang.

De Thorntonbank blijkt tevens een belangrijk paaigebied (voorjaar) te zijn voor sprot *Sprattus sprattus* en haring *Clupea harengus*, en in iets mindere mate voor onder andere schar *Limanda limanda* en dwergtong *Buglossidium luteum* (De Maerschalck *et al.*, 2006; Ter Hofstede *et al.*, 2005). Deze eerste twee soorten werden echter vnl. op de toppen van de zandbanken gevonden. Bijkomend onderzoek zou echter nodig zijn om deze trends te bevestigen voor het projectgebied.



Figuur 4.6.9: Densiteiten van de demersale visfauna per taxonomische groep voor alle staalnamelocaties op de Thorntonbank, lente (boven) en herfst (beneden) 2005 & 2008 (Vandendriessche *et al.*, 2009)

4.6.2.3 Autonome ontwikkeling

Indien er in het projectgebied geen windpark zou gebouwd en geëxploiteerd worden, zouden de epibenthosgemeenschappen en de demersale visfauna niet wezenlijk veranderen. De aanwezige dominante soorten zijn vergelijkbaar voor de periode 1996-2005. Langetermijn trends in densiteit en soortenrijkdom tonen wel een algemene stijging in densiteit als soortenrijkdom voor zowel het benthos als de vissen doorheen de tijd.

Andere activiteiten kunnen de autonome ontwikkeling echter beïnvloeden. Het projectgebied is namelijk gelegen in de afgebakende zone voor de ontwikkeling van windenergie (KB 17/05/2004), waardoor reeds goedgekeurde (C-Power, Belwind, Eldepasco) windparken een effect kunnen hebben op het aquatische

milieu als geheel doordat ze een aantrekking zouden kunnen uitoefenen op (jonge) vissen en andere epibenthische organismen waardoor het gebied soortenrijker wordt en nieuwe gemeenschappen herbergt. Voor meer details wordt verwezen naar volgende paragrafen.

Ook mogelijke veranderingen in de traditionele visserijsector bijvoorbeeld met betrekking tot bevissingsmethodes, intensiteit of locatie van het vissen, zouden kunnen van invloed zijn op de samenstelling van de benthische levensgemeenschap en bestaande visfauna in het projectgebied. Momenteel zijn daar echter nog geen wetenschappelijke studies over beschikbaar.

Verder kan verwacht worden dat het epibenthos- en visgemeenschap wijzigingen zullen ondergaan ten gevolge van de klimaatsverandering (wijzigingen in stromingskarakteristieken, chemische eigenschappen van het zeewater, temperatuur, stormfrequenties, etc.). Op dit moment heerst er nog veel onzekerheid over de kwantificering van de invloeden van klimaatsverandering op het mariene milieu, zeker op de schaalgrootte van het BDNZ. Bovendien zijn de effecten geïnduceerd door klimaatsverandering niet altijd te scheiden van effecten tengevolge van anderen, menselijke invloeden. Daarom werden recent door het Federaal Wetenschapsbeleid een aantal onderzoeksprojecten opgestart (Climar, Quest4D, Amore III) die een antwoord moeten trachten te bieden op de invloed van de klimaatsverandering op onder meer stromingskarakteristieken, sedimenttransport, temperatuur, nutriëntenbalans en ecologie, ter hoogte van het BDNZ.

4.6.2.4 Effectbespreking

Algemeen kan gesteld worden dat de effecten besproken voor het macrobenthos van zachte substraten (zie paragraaf 4.6.1.4) gelijkaardig zullen zijn voor het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten. De grootteorde van de effecten kan echter wel verschillen daar in tegenstelling tot het macrobenthos, het epibenthos en zeker de demersale vissen over een beperkte mobiliteit beschikken waardoor zij bepaalde effecten deels kunnen ontwijken. Voor de meerderheid van de effecten zal daarom verwezen worden naar voorgaande paragrafen voor een algemene bespreking, die - indien relevant- aangevuld zal worden met meer specifieke informatie voor de hier beschouwde doelgroepen.

4.6.2.4.1 Constructiefase

Bijkomstig bij de reeds besproken effecten voor het macrobenthos, wordt het effect ten gevolge van geluid en trillingen tijdens het heien als relevant beschouwd, zeker voor de visgemeenschappen van zachte substraten.

Biotoopverstoring

De biotoopverstoring voor het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten is volledig gelijkaardig zoals besproken onder 4.6.1.4.1.

Verlies aan organismen

Het verlies aan organismen tengevolge van direct biotoopverlies en indirecte biotoopverstoring (stockage) zal het meest uitgesproken zijn voor het epibenthos (0/-) daar zij minder mobiel zijn dan de visgemeenschappen (0). Voor de bespreking van het verlies aan epibenthos en visgemeenschappen van zachte substraten tengevolge van biotoopverstoring wordt verwezen naar paragraaf 4.6.1.4.1. Op basis van de eerste monitoringsresultaten van C-Power (6 GBF) kunnen echter nog geen wijzigingen in gemeenschapsstructuren tengevolge van verstoring of verlies aan organismen aangetoond worden (Derweduwen *et al.*, 2010).

Tijdens het heien is het mogelijk dat ook vissen die zich dicht bij de hei-installatie bevinden, gewond raken of sterven veroorzaakt door gepaard gaande trillingen en geluidsfrequenties. Mogelijks zou heien ook kunnen leiden tot een verhoogde mortaliteit van vislarven (Bos *et al.*, 2009). Voor een verdere bespreking van de mogelijke gevolgen wordt verwezen naar de paragraaf 'geluid en trillingen'.

Verstoring door sedimentatie & turbiditeit

De gevolgen van sedimentatie voor het epibenthos van zachte substraten is analoog als besproken onder paragraaf 4.6.1.4.1. Voor de visgemeenschappen is de situatie lichtjes anders. Alle levensstadia van vissen (en in beperkte mate de meer mobiele benthische organismen) zullen tijdelijk verstoord worden door het omwoelen van de zeebodem, door onderwaterbewegingen en andere activiteiten op de zeebodem, maar de kans is groot dat zij zullen wegtrekken van de plek waar de werkzaamheden worden uitgevoerd zodat het effect minder groot zal zijn dan bij sedentaire organismen (Bio/consult as, 2005). Het negatieve effect (0/-) zal dus tijdelijk zijn en naar verwachting zullen de organismen snel naar het projectgebied terugkeren zodra de bouwfase achter de rug is.

Op zich kan de verstoring ook een positieve impact (0/+) hebben: met name de verhoogde beschikbaarheid van prooidieren door o.a. het omwoelen van het sediment (Grontmij, 2006a). De mate waarin dat van invloed kan/zal zijn, is echter niet bekend. Ten slotte is er het gewinningsaspect, waarover geen informatie beschikbaar is.

Op huidig ogenblik is het moeilijk in te schatten of het projectgebied ook dienst doet als paai- en kweekgebied van bepaalde vissoorten, zoals de dichtbijgelegen Thorntonbank, en de mogelijke gevolgen hiervoor. Het betreft een leemte in de kennis en monitoring is dus aangewezen. De mogelijkheid bestaat dat de paai- en kraamgebieden tijdens de bouwfase worden verstoord, maar dat ze zich zullen herstellen en opnieuw aantrekkelijk zullen worden tijdens de exploitatiefase.

Door een mogelijke sluiting van het gebied voor bepaalde activiteiten, zal anderzijds het concessiegebied niet langer verstoord worden door destructieve visserijvormen (vooral boomkorvisserij). Dit zal een positief effect hebben op zowel het benthos als het visbestand (refugium effect).

Er kan besloten worden dat de beschreven negatieve effecten ten gevolge van sedimentatie als niet significant worden beschouwd voor de vissen. De monitoringsstudies in Horns Rev en Nysted (Dong energy *et al.*, 2006) en de eerste resultaten van C-Power (Vandendriessche *et al.*, 2009) blijken dit te bevestigen.

Geluidsverstoring en trillingen (heien)

Een belangrijke verstoring tijdens de bouwphase is de productie van geluid en trillingen ten gevolge van het heien (monopile/ jacket fundering), het kabelleggen en de toegenomen scheepstrafiek. Dit gezien het geluid zich 4 keer sneller voortplant in water dan in lucht en de absorptie onder water daarenboven kleiner is (Huddleston, 2010). Het bepalen van de grootte van de verstoring is echter niet evident daar er nog veel onzekerheden bestaan o.a. rond transmissieverliezen en dus ook rond de reikwijdte van de geluidsverstoring. Veel hangt af van de lokale omstandigheden zoals bodemsamenstelling en –profiel, waterdiepte, wind en weersomstandigheden (Huddleston, 2010). De grootste hinder valt te verwachten van het heien van de palen (configuratie 1, 2 en 3a).

Trillingen en drukveranderingen ten gevolge van geluid kunnen een effect hebben op invertebraten zoals de crustacea (Popper *et al.*, 2001). De studies op Horns Rev en Nysted tonen aan dat de geluidsimpact ten gevolge van het heien van palen verwaarloosbaar (0/-) is voor de benthische gemeenschappen (Dong energy *et al.*, 2006).

De effecten tengevolge van het heien (monopile, jacket fundering) op vissen kunnen wel significant zijn. Om zich te handhaven dienen deze soorten doelmatig te reageren op roofvijanden en prooien. Daarnaast moet aandacht worden geschonken aan de fysieke omgeving en moet met soortgenoten gecommuniceerd worden. Bij al deze levensfuncties en gedragingen speelt geluid een rol. Vissen kunnen geluid maken om een vijand af te schrikken of om partners te lokken en kunnen contactgeluid gebruiken om in schoolverband te zwemmen (Grontmij, 2006a). Met name in relatief troebele (kust)wateren kan geluid een relatief belangrijke rol spelen. De emissies van geluid en trillingen in de mariene waterkolom kunnen leiden tot een gedragsverandering of een reductie van de habitatgrootte. (Petersen & Malm, 2006).

Er worden vier zones van geluidsinvloeden gedefinieerd, afhankelijk van de afstand tot de geluidsbron (Richardson *et al.*, 1995; Huddleston, 2010):

- Een zone waarbinnen het dier in staat is om de geluiden van het windpark waar te nemen (zone of audibility);
- Een zone waarbinnen het dier een zekere vorm van gedragsverandering vertoont (zone of responsiveness);
- Een zone waarbinnen het geluid afkomstig van het windpark interfereert met andere geluiden zoals communicatiesignalen of echolocatie (zone of masking);
- Een kleine zone dichtbij de geluidsbron waar tijdelijke of permanente gehoorschade kan optreden (beschadigingen aan haarcellen in het binnenoor), of kan leiden tot interne bloedingen (door het hele lichaam), tot orgaanschade (lever, nieren) door plotselinge expansie van de zwemblaas, tot een ruptuur van de zwemblaas (direct dodelijk) (zone of hearing loss).

Studies naar het effect van geluid op visgemeenschappen zijn eerder zeldzaam en de resultaten zijn zeer uiteenlopend (Hastings & Popper, 2005). Er blijft nood aan wetenschappelijk onderzoek om bepaalde (uiteenlopende) resultaten te bevestigen. Sommige studies concluderen dat vissen die zich in de omgeving van de installatie bevinden, grote schade zullen oplopen tijdens het heien of zelfs sterven (Grontmij, 2006a).

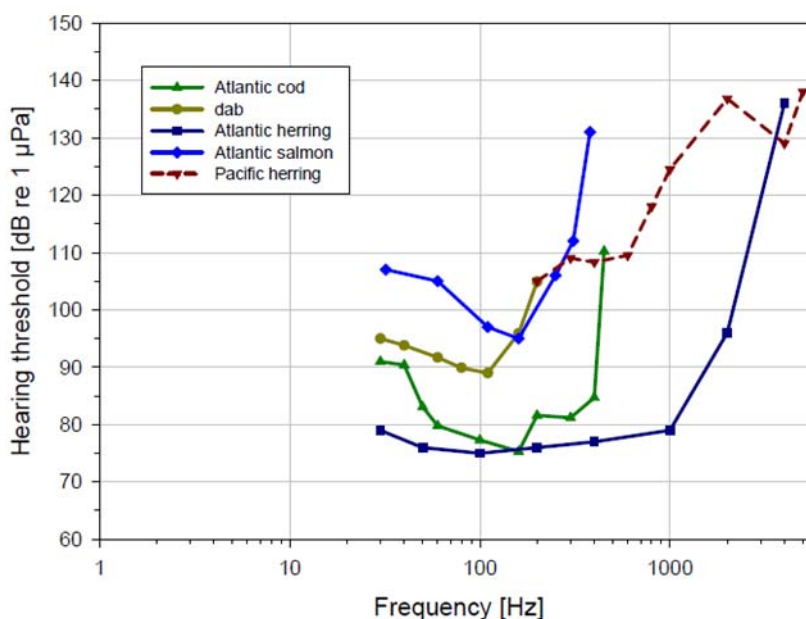
Andere studies (o.a. Hastings & Popper, 2005) nuanceren deze resultaten daar vele studies gebaseerd zijn op extrapolaties van andere types signalen (bv. explosies).

De geluidseffecten zullen optreden wanneer een overlap ontstaat in frequentie en sterkte tussen het heigeluid en het gehoorvermogen van de beschouwde vissoort, en wanneer het signaal het achtergrondgeluidsniveau overschrijdt. De mariene wateren zijn van nature reeds zeer lawaaiig zijn (ca. 105 dB (re 1 μ Pa)), met geluid afkomstig van winden, golven, sedimenttransporten. Hierdoor zijn vele mariene organismen minder gevoelig voor geluid dan mensen en kunnen ze ook hogere geluidsniveaus verdragen (Nedwell *et al.*, 2003). Er zijn trouwens indicaties dat vissen aangetrokken worden door windparken waardoor aangenomen kan worden dat vispopulaties zullen herstellen van de geluidsimpact tijdens constructie (OSPAR, 2006).

De grootte van effect of schade is dus mede afhankelijk van de gevoeligheid van een bepaalde vissoort voor het geluid (Huddleston, 2010). Bij lage frequenties (tot 30 Hz) komt de geluidsgevoeligheid bij veel vissoorten redelijk overeen. Bij hoge frequenties is deze gevoeligheid echter afhankelijk van een aantal factoren: aan- of afwezigheid van zwemblaas, hoeveelheid lucht in zwemblaas en of de blaas in verbinding staat met het binnenoor (Vella *et al.*, 2001; Huddleston, 2010). Vissen kunnen op die manier ingedeeld worden in drie groepen met betrekking tot de gevoeligheid voor geluid:

- 'non-specialists': geen zwemblaas; minst gevoelig; bv. platvissen;
- 'hearing generalist': zwemblaas niet verbonden met binnenoor; matig gevoelig; bv. kabeljauw;
- 'hearing specialist': zwemblaas in verbinding met binnenoor; zeer gevoelig; bv. haring, sprot.

Veel studies baseren zich op een aantal doelsoorten om de geluidseffecten van het heien in kaart te brengen. De audiogrammen van vier doelsoorten: zalm, kabeljauw, haring en schar worden weergegeven in Figuur 4.6.10. Algemeen kan wel gesteld worden dat de gehoorsrange van de meeste vissen zich situeert binnen de range van < 50 Hz tot 500-1.500 Hz (Huddleston, 2010).



Figuur 4.6.10: Audiogram van zalm, kabeljauw, haring en schar (Thomsen *et al.*, 2006).

Zoals beschreven onder de discipline geluid, zou het heigeluid voor monopiles het achtergrondgeluidsniveau (in de relevante frequenties voor vissen) overschrijden tot op ongeveer 80 km van de geluidsbron. Enkel frequenties lager dan 63 Hz en hoger dan 2,5 kHz zouden samenvallen met het achtergrondgeluid en bijgevolg niet hoorbaar zijn. De meeste energie van het heigeluid (bij frequenties < 1 kHz) binnen de gehoorsrange van de beschouwde soorten overschrijdt echter het achtergrondgeluid tot op 80 km (Thomsen *et al.*, 2006). Volgens Nedwell *et al.* (2007) zal het geluidseffect verminderen met afnemende waterdiepte. In vergelijking met de Bligh Bank (tot 35 m diepte) waar voornoemde 80 km grens bevestigd wordt (Norro *et al.*, 2010), zou naar alle waarschijnlijkheid voor het projectgebied (ca. 25 m) de 'zone of audibility' kleiner zijn. De paaldiameter zou echter de meest bepalende factor zijn (naast aantal, type zeebodem, waterdiepte, duurtijd, etc.), waardoor kan gesteld worden dat voor configuratie 1 (86 monopiles) deze zone groter zal zijn dan voor configuratie 2 (74 jacket funderingen) en 3a (47 jacket funderingen). In termen van milieueffecten zijn echter de zones waarbinnen gedragsveranderingen of schade kunnen optreden van groter belang.

Mogelijke gedragsveranderingen tengevolge van heigeluid zijn vermijding, vluchtreacties, alarm respons, verandering in scholingsgedrag, etc. Een geluidsniveau van 90 dB_{ht}²⁵ (soorten) wordt vooropgesteld als drempelwaarde waarbij significante vermijdingsreacties zullen plaatsvinden (Nedwell *et al.*, 2003; Nedwell *et al.*, 2007; Thomsen *et al.*, 2006). Kleine gedragsveranderingen worden reeds vanaf 70 dB_{ht} verwacht (Nedwell *et al.*, 2007). Tabel 4.6.9 geeft een overzicht van berekende ranges waarbij bepaalde organismen een significant vermijdingsgedrag vertonen ten gevolge van de productie van geluid tijdens het heien (Nedwell *et al.*, 2003). Gelijkaardige metingen (90 dB_{ht} range) voor het Burbo offshore windpark (4,7 m Φ palen; ca. 10 m waterdiepte) geven volgende waarden: schar en zeebaars (500 m), kabeljauw (2 km) en haring (2,6 km) (Nedwell *et al.*, 2007). De studies benadrukken de onzekerheid van bepaalde van deze resultaten, maar gezien het tot op heden de meest recente en beste inschattingen zijn, worden ze toch als basis gebruikt voor het MER.

Tabel 4.6.9 : Ranges (90 dB_{ht}) waarbij bepaalde organismen vermijdingsgedrag vertonen ten gevolge van heiactiviteiten (naar Nedwell *et al.*, 2003)

Soort	Berekende range voor significant vermijdingsgedrag (m)	Berekende range voor significant vermijdingsgedrag (m) bij Kentish Flats voor 4,3 m Φ palen	Berekende range voor significant vermijdingsgedrag (m) bij Greater Gabbard voor 6,5 m Φ palen
Zalm	1.400	460	1.100
Kabeljauw	5.500	-	
Schar	1.600		
Zeebaars	-	450	
Haring	-	1.630	

Uit Tabel 4.6.9 volgt dat de invloed van het geluid soortspecifiek is en bovendien bepaald wordt door de diameter van de palen. Op basis van 90 dB_{ht} waarde kan besloten worden dat vermijdingsreacties kunnen plaatsvinden in een zone tot misschien enkele kilometers. Er moet echter de nodige voorzichtigheid in acht genomen worden gezien er nog grote onzekerheid heerst betreffende het extrapoleren van deze

²⁵ dB_{ht} is een maatstaaf voor het geluidsniveau boven de gehoordrempel van een diersoort, of het 'perceptieniveau'.

experimentele waarden (Hastings & Popper, 2005; Thomsen *et al.*, 2006; OSPAR, 2006). De graad van schade blijkt daarenboven niet direct gerelateerd met de afstand tot de heiplaats, maar eerder met het niveau en de duur van de geluidsblootstelling (Hastings & Popper, 2005). Dit wordt bepaald door het aantal palen, de diameter en door het substraattype (hardere sedimenten ~ langere duur). Zoals eerder opgemerkt, zullen de effecten voor configuratiealternatief 1 bijgevolg het grootst zijn. Daarenboven wordt de grootte van het effect ook bepaald door welke ecologische functies er door deze invloedssfeer in het gedrang komen, en of deze functies een tijdelijk of permanent karakter hebben. Indien bijvoorbeeld hierdoor bepaalde paaigebieden of migratieroutes verstoord worden en dit in de meest gevoelige periodes, dan zal het effect zwaarder doorwegen. Het belang van het projectgebied als mogelijks paaigebied moet nog worden onderzocht.

Tijdelijke gehoorschade zou eerder voorkomen bij 'hearing specialists' (bv. haring) dan bij 'hearing generalists' (bv. schaar), maar de graad van schade tengevolge van hei-pulsen blijft moeilijk te bepalen. Vissterfte als gevolg van heigeluid kan direct zijn of indirect, bijvoorbeeld doordat meeuwen vissen oppikken die tijdelijk verdoofd aan het oppervlak komen. Vissterfte is vastgesteld in Amerikaanse studies waarbij een onderscheid wordt gemaakt in directe vissterfte binnen een zone van ca. 10 m rond de turbine en uitgestelde vissterfte (door inwendige schade) tot op afstanden van minimaal 150 m tot de geluidsbron (Thomsen *et al.*, 2006). Sterfte door onderwatergeluid neemt af met afstand tot de bron, maar hoe precies hangt af van de lokale omstandigheden en de betrokken vissoorten (Hastings & Popper, 2005).

De beschikbare data (hier beschreven) suggereert dus dat geluid ten gevolge van de constructie van het windpark kan leiden tot gedragsveranderingen (vermijding) bij vissen tot op enkele kilometers van het brongeluid. Fatale gevolgen of fysische schade door het heien zijn beperkt tot een kleine afstand (enkele 100-den meters) van de bron waardoor deze impact als niet significant wordt beschouwd. De literatuurgegevens blijken echter nogal uiteenlopende resultaten te geven, waardoor er nog veel onzekerheid bestaat rond de grootte van het effect voor vissen (zowel op korte als lange termijn). Veel hangt namelijk af van de lokale karakteristieken van het projectgebied, de configuratie en de voorkomende soorten. De lopende monitoringsprogramma's van de vergunde windparken zullen deze leemte in kennis deels invullen.

Naast de mogelijke effecten op adulte vispopulaties, kunnen ook de vislarven effecten ondervinden van hei-activiteiten. Volgens Prins *et al.* (2008; 2009) mag aangenomen worden dat mortaliteit optreedt binnen een straal van 1 km van de geluidsbron (gebaseerd op een hydrodynamisch model met gegevens over het transport van larven van haring, schol en tong). Het resultaat was een vermindering van de aanvoer van larven van bepaalde vissoorten naar de kust van 5 tot 10 % wat als significant kan beschouwd worden in het kader van Natura 2000 (Prins *et al.*, 2009). Alles lijkt erop te wijzen dat deze aanname als een worst case scenario beschouwd kan worden (Prins *et al.* 2009) maar zelfs dat is niet helemaal zeker. Verder experimenteel onderzoek is wenselijk.

Bij gebrek aan gegevens voor de specifieke onderhavige situatie (vissoort, duur, frequentie, etc.), kunnen geen gedetailleerde uitspraken worden gedaan voor het North Sea Power project. Het effect van het heien zal weliswaar toenemen met het aantal te plaatsen turbines en met een toenemende diameter van de paal. Gezien de onzekerheid betreffende de mogelijke functie van het projectgebied als paai- en kweekgebied voor bepaalde vissoorten zoals haring en sprot én de onzekerheid betreffende het effect zelf op vislarven (zie hierboven), is een inschatting van de impact van de hei-activiteiten op de vislarven momenteel moeilijk in te

schatten. Op basis van de beschikbare literatuur kan het effect van heien op vispopulaties als significant negatief (--) (configuratiealternatief 1 (86 MP)) en configuratiealternatief 2 (74 JF)) tot matig negatief (-) (configuratiealternatief 3a (47 JF)) beschouwd worden. Niettegenstaande de heiactiviteiten van relatief korte duur zijn, is het project waarbij gebruik gemaakt wordt van monopiles of jacket funderingen enkel aanvaardbaar mits toepassing van een aantal mitigerende maatregelen en een monitoringsprogramma, om de significant negatieve effecten zo minimaal mogelijk te houden. De impact van geluid bij een gravitaire fundering (configuratiealternatief 3b (47 GBF)) is praktisch onbestaande in vergelijking met de twee andere funderingstypes. Hier is namelijk enkel de geluidsverstoring van baggerende schepen van belang, die veel lager wordt ingeschat dan heigeluid.

4.6.2.4.2 Exploitatiefase

Naast algemene vormen van verstoring wordt specifiek ingegaan op het effect van geluid en trillingen geproduceerd tijdens de exploitatiefase op de demersale visgemeenschappen.

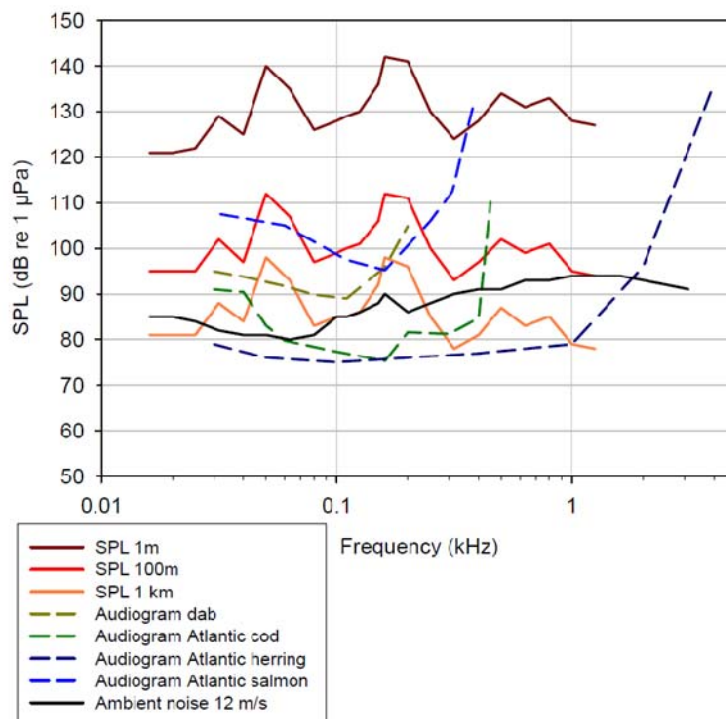
Geluidsverstoring en trillingen (exploitatie)

Windturbines produceren twee verschillende typen mechanische trillingen:

- Laagfrequente trillingen: Deze hangen samen met de passage van de rotorbladen langs de mast, de onbalans van de rotor en de eigen trilling van de mast. Hogere frequenties kunnen mogelijk ontstaan door interferentie van deze trillingen met geluid uit de gondel.
- Hoogfrequente trillingen: Deze hangen samen met de draaiende onderdelen van de generator in de gondel, de interactie van wind met de gehele windturbine (met name het aërodynamische geluid van de rotortippen), golven die tegen de mast slaan, de beweging van zand en water langs de mast en organismen die op de windturbines voorkomen (in dit specifieke geval met name het sluiten van kleppen van de mossel).

Reeds in voorgaande paragraaf werd uitvoerig uitgegaan op de soortspecificiteit van geluidseffecten. De meeste vissen reageren sterk op lage frequenties (beneden de 50 Hz). Deze frequenties treden enkel op in de onmiddellijke omgeving van de windturbines (max. enkele 100-den meters). Gewenning zal ook optreden voor het continue geluid uitgezonden door windparken. Frequenties tussen de 500-2000 Hz zullen praktisch geen effect hebben op vissen, zeker omdat de invloed van de windturbines gelijkaardig is aan het omgevingsgeluid (Hoffmann *et al.*, 2000; Thomsen *et al.*, 2006).

In Figuur 4.6.11 worden het operationele geluid van een windpark op verschillende afstanden van de geluidsbron, het omgevingsgeluid en de audiogrammen van de reeds vermelde doelsoorten weergegeven.



Figuur 4.6.11: Operationeel geluid windpark, omgevingsgeluid en audiogram van zalm, kabeljauw, haring en schar (Thomsen *et al.*, 2006).

Uit Figuur 4.6.11 blijkt dat de afstand van het waarneembare onderwatergeluid soortspecifiek is. Analoog als uit de geluidsberekeningen (zie hoofdstuk 'Geluid') blijkt eveneens dat het operationele onderwatergeluid voor de meeste frequenties onder het achtergrondgeluid (90 – 100 dB 1 reµPa) zal liggen op een afstand van 500 m. Het onderwatergeluid veroorzaakt door de windturbines zal dus vermoedelijk binnen de veiligheidszone (500 m) (voor de meeste frequenties) gemaskeerd worden door het heersende achtergrondgeluid (ongeacht het configuratiealternatief) en dus geen invloed hebben op de meeste vissoorten. Volgens Thomsen *et al.* (2006) zal het operationele geluid van windturbines voor bepaalde frequenties echter wel detecteerbaar zijn tot op een afstand van 4 km voor kabeljauw en haringachtigen, en waarschijnlijk tot 1 km voor schar en zalm. Binnen deze zone, kan het verstoren van intraspecifieke communicatie voorkomen. Het inschatten van de grootte van het verstorend effect is echter onduidelijk. Bij hoge windsnelheden (≥ 13 m/s) wordt verwacht dat gevoelige vissoorten op een minimale afstand van 4 meter blijven van de windturbine (Wahlberg & Westerberg, 2005), waardoor permanente vestiging van vis op de stortstenen bemoeilijkt zal worden.

Vergelijkingen tussen de visfauna van het windpark Horns Rev en deze van scheepswrakken in de Noordzee geven geen indicatie dat geluid en trillingen afkomstig van windpark een impact veroorzaken op de visgemeenschap. In vergelijking met de start van het windpark hebben zich zelfs enkele nieuwe vissoorten gevestigd in het gebied (Leonhard & Pedersen, 2005). Deze resultaten worden deels bevestigd door de studie van Westerberg (1994). Op basis van zijn onderzoek concludeerde Westerberg (1994) in de eerste plaats dat het windpark attractief was voor vissen en ten tweede dat de geluidsproductie binnen een zone van 200 m als gevolg van de windturbines niet van die aard was, dat de vissen zich verder van de

windturbines gaan begeven. Recent onderzoek rond het Nederlandse winpark Egmond aan Zee toont aan dat er noch vermijding noch aantrekking van de windturbines op het gedrag van tong blijkt te zijn en dat de visserijmortaliteit van tong niet verschilt met daarbuiten gelegen referentiegebieden (Winter *et al.*, 2010). Kabeljauw daarentegen vertoont wel een zeker aantrekkingsgedrag. Van de 40 gemerkte kabeljauwen is 15 % gedurende de gehele meetperiode van 9 maanden bij de windturbines gebleven (Winter *et al.*, 2010).

Trillingen en drukveranderingen ten gevolge van geluid kunnen ook een effect hebben op invertebraten zoals de crustacea (Popper *et al.*, 2001). Een onderzoek naar de vluchtreactie van de Grijs garnaal (*Crangon crangon*) bij vibratie van de grond als gevolg van vangmateriaal voor garnalen toonde echter aan dat deze vluchtreactie eerder het gevolg was van de verandering van de stroming dan van de vibratie van de grond (Vella *et al.*, 2001). Gezien het negatieve effect van geluid op het benthos tijdens de constructiefase als verwaarloosbaar (0/-) wordt ingeschat, wordt het effect tijdens de exploitatiefase als vrijwel onbestaande (0) beoordeeld voor alle configuratiealternatieven.

Ondanks de onzekerheid die bestaat rond kwantitatieve inschattingen van geluidseffecten op vissen tijdens de operationele fase van het windpark, kan verondersteld worden dat deze effecten van minder belang zijn en dat technologische verbeteringen mogelijks nog kunnen leiden tot verdere reducties van de impact. Voor alle beschouwde configuratiealternatieven wordt dit effect als gering negatief beschouwd (0/-).

Ter volledigheid zal er ook geluidsverstoring optreden door de geplande transporten naar het windpark. Het aantal transporten zal variëren naargelang het ingezette materieel en het configuratiealternatief. De verhoogde scheepstrafiek tengevolge van het North Sea Power windpark is echter beperkt in vergelijking met de heersende scheepsintensiteit. Daarenboven wordt nogmaals gewezen op het reeds besproken tunneleffect (zie discipline Geluid) dat ontstaat in ondiepere wateren waardoor laagfrequente signalen (<200 Hz) verdwijnen., waardoor er vrijwel geen bijkomende geluidsverstoring naar de vissen zal zijn.

Andere vormen van verstoring

Zoals besproken voor het macrobenthos, worden ook hier geen effecten verwacht voor het epibenthos en visgemeenschappen van zachte substraten ten gevolge van de waterkwaliteit, zuurstofhuishouding en hydrodynamiek, voor zowel de 3 configuratiealternatieven van Norther als voor het basisscenario. Sommige vissen die zich ingraven in de bodem en afhankelijk zijn van specifieke sediment condities zoals platvissen en zandspiering (*Ammodytidae* spp.) zouden wel een impact kunnen ondervinden, maar de studies in Denemarken bevestigen dit nog niet (Dong Energy *et al.*, 2006). Of de roterende schaduw van de turbinewieken (schaduw-effect) een invloed zou hebben op het gedrag van de vissen is momenteel nog niet wetenschappelijk onderzocht.

4.6.2.4.3 Ontmantelingsfase

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingfase gelijkaardig zullen zijn aan die van de bouwphase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn. De geluidsverstoring blijft bijvoorbeeld beperkt tot de geluiden geproduceerd door de betrokken scheepvaart en de ontmantelingsactiviteiten (afsnijden van turbines tot 2 m onder de zeebodem; weghalen gravitaire fundering). De significante geluidsverstoring ten gevolge van het heien (monopile/ jacket fundering) tijdens de

constructiefase is tijdens de ontmantelingsfase niet meer aanwezig. Ook het biotoopverlies en het daarmee gepaard gaande verlies aan organismen blijft beperkt tot de oppervlaktes die effectief verstoord worden tijdens de ontmantelingsfase (geen indirect biotoopverlies meer ten gevolge van stockage (gravitaire fundering)). De effecten variëren van (vrijwel) geen effect (0) tot een gering negatief effect (0/-), afhankelijk van het configuratiealternatief (~aantal turbines, funderingstype).

4.6.2.4.4 *Bekabeling*

De belangrijkste effecten tengevolge van de bekabeling voor het epibenthos en de demersale visfauna zijn biotoopverstoring, verhoogde turbiditeit, het ontstaan van elektromagnetische velden en de mogelijke opwarming.

Voor de eerste twee effecten (biotoopverstoring en turbiditeit) wordt verwezen naar 4.6.1.4.4, daar deze analoog zullen zijn als deze besproken voor het macrobenthos van zachte substraten. In volgende paragrafen zal wel dieper worden ingegaan op de effecten van elektromagnetische velden en de opwarming.

Elektromagnetische velden

In de Noordzee wordt een elektrisch veld van ongeveer 25 $\mu\text{V/m}$ als natuurlijk beschouwd (Koops, 2000). Het natuurlijk geomagnetisch veld van de Noordzee bedraagt ongeveer 50 μT (Tasker *et al.*, 2010); de sterkte van het door het natuurlijke aardmagnetische veld geïnduceerde elektrische veld bedraagt ca. 40 $\mu\text{V/m}$ (Ecofys, 2006). Daarnaast leidt de transmissie van elektriciteit door zeekabels eveneens tot het opwekken van elektrische en magnetische velden, die ook buiten de kabel detecteerbaar zijn. Meer bepaald gaat het om de magnetische en de hierdoor geïnduceerde elektrische velden. Deze elektromagnetische velden zijn afhankelijk van het type kabel (gelijkspanning of wisselspanning, gebundeld of niet gebundeld, bipolair of monopolair, afstand tot de kabels onderling) en het vermogen van de kabel (33 - 36 kV parkkabels versus 150 kV à 220 kV export kabel). Voor details wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Geluid & trillingen'. De hieronder beschreven effecten ten gevolge van elektromagnetische velden zijn geldig voor alle configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark.

Twee aspecten zijn hierbij van belang: de grootte en de frequentie van het opgewekte elektromagnetische veld. Beide elementen zullen in onderstaande paragrafen kort worden toegelicht.

Algemeen kan er gesteld worden dat sommige soorten gevoelig zijn voor elektromagnetische velden, omdat zij deze gebruiken voor ondermeer oriëntatie, migratie of detectie van hun prooi (Poléo *et al.*, 2001; Gill *et al.*, 2005; OSPAR, 2008b). Het introduceren van artificiële elektromagnetische velden kan bijgevolg leiden tot een verstoring van hun oriëntatiegedrag, hun migratiegedrag, hun jachtgedrag en het algemeen voorkomen rond de kabels. Omdat bodemvissen dichtbij kabels zwemmen, kan verwacht worden dat zij – naast de bodemorganismen – de grootste effecten zullen ondervinden van elektromagnetische velden (EM-velden).

Gill *et al.* (2005) heeft een lijst opgesteld van prioritaire soorten die gevoelig zouden kunnen zijn voor elektromagnetische velden waaronder o.a. schol (*Pleuronectes platessa*), kabeljauw (*Gadus morhua*), krabben, garnalen en kreeften die in het studiegebied voorkomen. Van de gewone garnaal *Crangon crangon* is aangetoond dat ze zich aangetrokken voelt tot magnetische velden van de grootteorde die verwacht wordt

rond windparken (ICES, 2003). Gelijkaardige effecten worden gezien voor de bot *Plathichthys flesus* en de mossel *Mytilus edulis*, maar deze effecten worden niet als significant beschouwd (Bochert & Zettler 2004).

De meest bekende groepen zijn echter de roggen en de haaien (kraakbeenvissen). Hiervan is bekend dat zij reageren op een (geïnduceerd) elektrisch veld met een range tussen 0,5 – 100 $\mu\text{V/m}$, en de te verwachten waarden op 1 meter afstand van de kabels liggen binnen dit bereik (Gill & Taylor, 2001; Gill *et al.*, 2005, Gill *et al.*, 2009). Recente experimenten uitgevoerd door Gill *et al.* (2009) geven aan dat elektromagnetische straling met een intensiteit van 8 μT en 2,2 $\mu\text{V/m}$ waarneembaar waren voor kraakbeenvissen (plaatkieuwigen) tot op ongeveer 300 m afstand van de kabel. maar dat hun reactie soort- en individu afhankelijk was. De hondshaaien (*Scyliorhinus canicula*) vertoonde bijvoorbeeld allen een sterke reactie, terwijl slechts enkele individuen van de stekelroggen (*Raja clavata*) en geen enkel van de doornhaaien (*Squalus acanthias*) reageerden. Ook Boehlert & Gill (2010) geven aan dat de reactie op de elektromagnetische velden varieert van individu tot individu.

Het werd algemeen aangenomen dat een veld van voldoende sterkte om vermijdingsgedrag te vertonen door plaatkieuwigen of elasmobranchii (haaien en roggen) zich enkel voordeden in een straal van 10-20 cm rond de kabel, waardoor het ingraven van kabels en het bedekken met stenen voldoende bescherming zou bieden (Gill *et al.*, 2005). Het is echter fout te veronderstellen dat het ingraven van kabels de effecten volledig zouden wegnemen zoals sommige studies vermelden, maar het is wel zo dat het ingraven van kabels tot een diepte van 1 m milderend zou werken tegen de effecten op gevoelige vissoorten ten gevolge van de sterkste elektromagnetische velden (Marra, 1989; Gill *et al.*, 2005; Gill *et al.*, 2009; Huddleston, 2010). Het is dus belangrijk te vermelden dat elektromagnetische straling van een magnitude waarneembaar door gevoelige mariene organismen geproduceerd zal worden door de standaard industriële kabels ook als die begraven worden op verschillende meters onder de zeebodem (Gill *et al.*, 2005). Er dient wel opgemerkt te worden dat de symmetrische constructie van de drie aders in de exportkabel (150 kV of 220 kV) leidt tot een sterke reductie van de elektromagnetische velden doordat de afzonderlijke velden elkaar grotendeels opheffen door het faseverschil in de spanningen en stromen (Di Marcantonio *et al.*, 2007; Gill *et al.*, 2009). Op 1 meter diepte worden er elektrische stralingen van 91 $\mu\text{V/m}$ – uitgezonden door standaard industriële 132 kV (50 Hz) XLPE 3-fasige kabels – gemodelleerd en gemeten (Marra, 1989; Gill & Taylor, 2001; CMACS, 2003). Voor 33 - 36 kV kabels bedraagt de maximum elektrische straling in het water 2,5 $\mu\text{V/m}$ (CMACS, 2004). Een extrapolatie van deze gegevens door Ecofys (2006) gaf een maximaal (geïnduceerde) elektrische veld op 1 meter van de kabel aan van 251 $\mu\text{V/m}$ (150 kV) en 164 $\mu\text{V/m}$ (33 - 36 kV) (zie ook discipline 'Geluid & trillingen'). Ondanks het grote verschil liggen beide waarden binnen de range die waargenomen wordt door haaien en roggen (0,5 – 100 $\mu\text{V/m}$) (Gill *et al.*, 2005). Volgens ABB Power Technology, bedraagt het magnetisch veld op één meter van de kabel maximum 1,8 μT , terwijl het aardmagnetische veld in de Noordzee 48 tot 50 μT bedraagt (Di Marcantonio *et al.*, 2007). De waarden voor het maximum magnetisch veld berekend door Ecofys (2006) liggen iets hoger, met name 2,9 μT (33 - 36 kV) en 4,4 μT (150 kV) kabel, doch nog ver onder het natuurlijk aardmagnetische veld. De sterkte van het magnetisch en geïnduceerd elektrisch veld van 220 kV kabels vormen een leemte in de kennis.

Daarnaast zijn er ook verscheidene beenvissen (o.a. kabeljauw, pladijs) die elektromagnetische velden kunnen waarnemen. Poléo *et al.* (2001) geeft aan dat beenvissen slechts fysiologische reacties kunnen vertonen op elektrische velden met een minimum veldsterkte van 7 V/m (of $7 \times 10^6 \mu\text{V/m}$) en een wijziging in

hun gedrag kunnen vertonen bij een range van 0,5 – 7,5 V/m. Plaatkieuwigen of elasmobranchen (haaien en roggen) zouden echter meer dan 10.000 keer gevoeliger zijn voor elektromagnetische straling dan de meest gevoelige beenvissen (Merck, 2009; Tasker *et al.*, 2010).

Naast een invloed op het gedrag van vissen, zouden magnetische velden tevens een effect hebben op de fysiologische kenmerken van bepaalde vissoorten. Voorbeelden hiervan zijn invloeden op de hormoonspiegel bij bronforel (Lerch *et al.*, 1998), verlagingen van de migratiesnelheid bij paling (Westerberg & Lagenfelt, 2008). Deze studies zijn voornamelijk uitgevoerd op zoetwatersoorten en ook hier zijn echter nog veel tegenstrijdige bevindingen en onzekerheden binnen uitgevoerd onderzoek. Bovendien moet door de soortspecifieke reacties ook meer toegepast onderzoek op het BDNZ gebeuren om mogelijke effecten te bevestigen.

Elektromagnetische velden zullen waarschijnlijk ook een effect hebben op bepaalde andere gevoelige (invertebraten) soorten, maar uitgaande van de beschikbare kennis is de grootte van de impact en de oorzaak-effect relatie nog niet voldoende duidelijk (Gill *et al.*, 2005; Dong energy *et al.*, 2006, BERR, 2008).

Voor vissen die hoger in de waterkolom zwemmen, zullen de effecten nihil zijn. Het magnetische signaal neemt namelijk sterk af met de afstand tot de kabels. Op 10 m afstand is er nog nauwelijks iets waarneembaar (Grontmij, 2006a).

Gezien het zeer lokale karakter van het magnetische veld worden geen gevolgen van geïnduceerde magnetische velden verwacht voor organismen in zee. In de directe nabijheid van de kabel zijn effecten van het in het magnetisch veld geïnduceerde elektrische veld op het predatiegedrag van kraakbeenvissen niet uit te sluiten. Omdat het een zeer lokale verstoring betreft, de betreffende soorten zeer sporadisch in het studiegebied voorkomen en een groot verspreidingsgebied hebben, zijn effecten op populatieniveau niet te verwachten (Grontmij, 2006a; Ecofys, 2006). Effecten op de overige fauna, inclusief beenvissen kunnen momenteel worden uitgesloten.

Opwarming

Bij het transport van elektriciteit ontstaan kleine energieverliezen. De beperkte energie die verloren gaat, wordt omgezet in warmte. Het type kabel (gelijkstroom of wisselstroom, mono- of bipolair, gebundeld of niet gebundeld, type isolatiemateriaal, diepte waarop de kabel wordt gelegd), het aantal kV en de karakteristieken van de omgeving (thermische conductiviteit en weerstand) bepalen de hoeveelheid warmte die vrijkomt (Merck, 2009). Merck (2009) geeft hierbij aan dat warmteverlies groter is bij wisselspanning (zoals de exportkabel van het North Sea Power windpark) dan bij gelijkspanning.

Grontmij (2006a) geeft aan dat bij een maximale belasting van de elektriciteitskabels van het windpark van Katwijk de kabels zullen opwarmen tot circa 60 graden. Er bestaat nog onduidelijkheid betreffende de graad van opwarming gaande van een stijging van de temperatuur van de zeebodem juist boven de kabel van 0,19 °C (BERR, 2008) tot max. 3° C (Grontmij, 2006a). Veldonderzoek uitgevoerd in het Nysted windpark toont aan dat de temperatuurstijging op een diepte van 20 cm boven de kabel niet hoger is dan 1,6 °C (Meißner *et al.*, 2007)²⁶. De capaciteit van de kabel was wel slechts 166 MW. Wegens de diepteligging van de kabels,

²⁶ Ter informatie, in Duitsland wordt een temperatuursverschil van 2°C voor een diepte van 20 cm als de maximum aanvaardbare grens beschouwd.

zal dit voor een beperkte en zeer lokale opwarming zorgen van de zeebodem aan het oppervlak, die niet altijd te onderscheiden is van de natuurlijke fluctuaties in de omgeving (BERR, 2008). Bij gebrek aan veldgegevens is het moeilijk om de effecten van de verhoogde temperatuur op benthos en demersale vissen in te schatten.

Mogelijks kan een temperatuursstijging ook een verandering in de biogeochemische karakteristieken van de zeebodem veroorzaken met mogelijke gevolgen voor de benthische fauna en flora. Deze effecten zullen naar alle waarschijnlijkheid groter zijn in ondiepe gebieden of gebieden met een hoge organisch gehalte (OSPAR, 2008b). Ook hier is echter onderzoek nodig om deze gegevens te bevestigen.

Op basis van het feit dat de meeste bodemdieren zich in de bovenste laag van de zeebodem bevinden (tot op ca. 20 cm vanaf het oppervlak), de warmte-productie door de ingegraven kabels hier eerder gering is en de effecten zeer lokaal zijn, wordt het effect van opwarming op macrobenthos als gering negatief (0/-) beoordeeld. Op basis van het feit dat de temperatuur van de zeebodem zelf direct aan het oppervlak gelijk blijft, kan er besloten worden dat er geen effecten (0) te verwachten zijn op epibenthos en vissen.

4.6.2.4.5 *Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op epibenthos en (demersale) visgemeenschappen van zachte substraten*

Samenvattend worden de effecten op **epibenthos van zachte substraten** weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	a	b		a	b
Constructiefase					
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Verlies aan organismen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0/-	-
Geluidsverstoring & trillingen (heien)	0/-	0/-	0/-	0/-	0
Exploitatiefase					
Geluidsverstoring	0	0	0	0	0
Andere vormen van verstoring	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					
<i>(Analoog constructiefase)</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling					
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Turbiditeit	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)
Opwarming	0	0	0	0	0

Samenvattend worden de effecten op de (demersale) visgemeenschappen van zachte substraten weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
Funderingstype	a	b	-	a	b
Constructiefase					
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verlies aan organismen	0	0	0	0	0
Verstoring door sedimentatie	0	0	0	0	0
Geluidsverstoring & trillingen (heien)	-	-	-	-	0
Exploitatiefase					
Geluidsverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Andere vormen van verstoring	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					
(Analoog constructiefase)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling					
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Turbiditeit	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)
Opwarming	0	0	0	0	0

Ondanks bepaalde effecten als significant negatief worden ingeschat voor het concessiegebied, kunnen deze gerelativeerd worden indien ze gekaderd worden ten opzichte van de afgebakende windconcessie zone of het Belgische deel van de Noordzee. Op die manier kan worden aangetoond dat deze effecten aanvaardbaar blijven daar hun ruimtelijke impact relatief beperkt blijft en het ecosysteem van de Noordzee niet wordt bedreigd. Dit is bijvoorbeeld het geval voor biotoopverstoring. Andere significant negatieve effecten zoals bijvoorbeeld geluidsverstoring door heien kunnen dan weer tot aanvaardbare niveaus gebracht worden mits in acht name van enkele mitigerende maatregelen (bv. rekening houden met de meest gevoelige periodes (paaieren, migratie) voor de relevante vissoorten).

De effecten op het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten worden hierdoor als vrijwel onbestaande tot matig negatief ingeschat en kunnen dus allen als aanvaardbaar beschouwd worden (zie tabel besluit).

4.6.2.5 Leemten in de kennis

Analoog als aangehaald voor het macrobenthos van de zachte substraten, is een grondige inventarisatie van het epibenthos en de demersale vissen van de zachte substraten in het concessiegebied is aangewezen. Bovendien ontbreekt algemene kennis over het relatief belang van specifieke gebieden op zee voor vissen

(incl. paai- en kraamkamerfunctie). Momenteel loopt hieromtrent een studie 'Ecofish' gefinancierd door BELSPO die op basis van lokale kennis van de vissers, hier meer duidelijkheid moet in brengen.

Ondanks een inhaalbeweging op het vlak van geluidsstudies, blijft de impact van geluid en trillingen op het onderwaterleven een onzekerheid. De eerste monitoringsresultaten van recente offshore parken zijn momenteel voorhanden, maar moeten zeker verder gezet worden om mogelijke effecten al of niet te bevestigen. Verder onderzoek is wenselijk rond de gedragsveranderingen tijdens kritische periodes (vb. broedseizoen), en de mogelijke gewinning.

De laatste jaren wordt ook meer en meer onderzoek gedaan naar de impact van elektromagnetische velden afkomstig van exportkabels van windparken (wisselspanning) op mariene organismen. Ondanks deze recente inhaalbeweging concludeert de Europese werkgroep 'Onderwatergeluid en andere vormen van energie' in het licht van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie dat de impact van elektromagnetische straling op mariene biota nog een leemte in de kennis betreft in combinatie met het feit dat de input van energie afkomstig van elektromagnetische velden in het mariene milieu moeilijk te kwantificeren is (Tasker *et al.*, 2010). Verder onderzoek is aangewezen, zowel op soorten- als populatieniveau, als op gebied van mogelijke cumulatieve effecten van meerdere kabels binnen één gebied en van het toenemend effect van steeds groter wordende offshore kabels. Bovendien moeten mogelijke mitigerende maatregelen onderzocht worden.

4.6.2.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

Opnieuw wordt hier het belang van degelijke monitoringsstrategieën en bijkomend wetenschappelijk onderzoek aangehaald. De mitigerende maatregelen en compensaties besproken voor het macrobenthos van zachte substraten blijven ook hier geldig.

Onzekerheid bestaat over het belang van het projectgebied als paaigebied. Indien dit het geval zou zijn, dan moet een afstemming gebeuren om de meest verstorende bouwwerken indien mogelijk buiten de paaiperiode te laten gebeuren.

De kennis over de doeltreffendheid van bepaalde mitigerende maatregelen zoals akoestische mitigatie instrumenten, technologisch hulpmiddelen (luchtbellengordijnen) is echter vaak beperkt tot operaties die plaatsvinden in kleine gebieden (vaak near-shore) en over een korte tijdsduur en op een beperkt aantal soorten (OSPAR, 2006; Huddleston, 2010). Onderzoek naar de doeltreffendheid van deze maatregelen is aangewezen.

4.6.2.7 Monitoring

Analoog als de redenering beschreven voor het macrobenthos van zachte substraten, wordt voor het Norther-project met betrekking tot monitoring van het epibenthos en visgemeenschappen van zachte substraten bij het geïntegreerd programma van de reeds vergunde parken aangesloten. Een kort overzicht van de te bestuderen aspecten wordt hieronder gegeven. Voor meer details wordt verwezen naar de bovenvermelde monitoringsprogramma's en naar de aanbevelingen geformuleerd in het eerste resultatenoverzicht van monitoring voor offshore windparken in de Belgische mariene wateren (Degraer & Brabant, 2009).

Monitoring van het epibenthos van zachte substraten:

- De bepaling van de referentietoestand (T0 situatie) en van de natuurlijk optredende fluctuaties in de epibenthosgemeenschappen van zandige substraten in het projectgebied;
- Onderzoek naar welke soorten op de site aanwezig zijn gedurende welke perioden van het jaar;
- seizoenswaarnemingen van de biodiversiteit binnen het projectgebied;
- distributiepatronen per soort en per cohorte.

Monitoring van de visgemeenschappen van zachte substraten:

- De bepaling van de referentietoestand (T0 situatie) en van de natuurlijk optredende fluctuaties in de visgemeenschappen van zandige substraten in het projectgebied,
- waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen de demersale visfauna rond de turbines en in het ruimere studiegebied; en
- de temporele (seizoensgebonden) waarnemingen worden bekeken.

4.6.3 Epifauna en visgemeenschappen van harde substraten

Analoog als 1.1.1, wordt de epifauna gedefinieerd alle organismen (> 1 mm) die op of dicht boven de bodem voorkomen. In tegenstelling tot 1.1.1, gaat het hier echter om de fauna die leeft op harde substraten (funderingen, turbines, erosiebescherming) in plaats van op de zandige zeebodem en die bemonsterd worden door scuba duikers of via digitale technieken.

De belangrijkste groepen zijn de krabben (Brachyura), heremietkreeften (Anomura) en garnalen (Caridea) behorend tot de schaaldieren (Crustacea); het phylum schelpdieren (Mollusca) (voornamelijk zeehuisjesslakken (Gastropoda); inktvissen en pijlinktvissen (Cephalopoda)), en tenslotte het phylum stekelhuidigen (Echinodermata) (slangsterren (Ophiuroidea); zee-sterren (Asteroidea); zee-egels (Echinoidea)).

Artificiële substraten trekken verschillende vissoorten aan. Enkele belangrijke soorten voor de Belgische mariene wateren zijn: *Trisopterus luscus* (steenbolk), *Pollachius pollachius* (witte koolvis), *Pollachius virens* (zwarte koolvis), *Gadus morhua* (kabeljauw), *Dicentrarchus labrax* (zeebaars), *Myoxocephalus scorpius* (zeedonderpad), *Parablennius* sp. (spec.), *Pomatoschistus minutus* (dikkopje), *Scomber scombrus* (makreel), *Trachurus trachurus* (horsmakreel).

4.6.3.1 Methodologie

In 2008 heeft C-Power zijn eerste zes windturbines gebouwd op de Thorntonbank. Het zijn de eerste turbines geplaatst in de Belgische mariene wateren, waarvoor ook data beschikbaar zijn. De staalnamemethodiek en resultaten van de monitoring van de epifauna en visgemeenschappen van harde substraten zijn beschreven in respectievelijk Kerckhof *et al.* (2009; 2010) en Reubens *et al.* (2009b; 2010). Ter volledigheid wordt hier reeds meegegeven dat ook Belwind reeds 55 funderingen heeft geplaatst op de Bligh Bank, maar gezien de verdere ligging van het projectgebied is dit minder relevant in de huidige North Sea context.

Momenteel komen in het projectgebied nog geen harde substraten voor en moet strikt genomen deze ecosysteemcomponent hier niet besproken worden. Gezien echter een beschrijving van de referentiesituatie op basis van deze 6 turbines relevant is voor de effectbespreking van het North Sea Power windpark op zich en hoe dan ook integraal opgenomen moet worden voor de beschrijving van de cumulatieve referentiesituatie en effectbespreking, wordt er geopteerd om deze nieuwe toestand hier reeds aan te halen zodat de lezer nu reeds een duidelijk beeld krijgt van deze groep organismen.

Verschillende onderdelen van een windpark vormen een geschikt substraat voor de aangroei van epifauna: de funderingen en de erosiebescherming. In de herfst van 2008 werden zes semikwantitatieve epibiota stalen genomen op één van de funderingen (Kerckhof *et al.*, 2009). Tijdens acht bemonsteringcampagnes werden tussen februari 2009 en februari 2010 subtidale schraapstalen genomen op dieptes van 4 tot 25 m. Daarnaast werd in dezelfde periode de intertidale zone vier keer bemonsterd (Kerckhof *et al.*, 2010). De subtidale stalen werden genomen door scuba duikers die op vier verschillende dieptes langs de fundering bemonsterden. Daarnaast werd ook een video-transectopname gemaakt. Tijdens de staalnames werd een oppervlakte van 6.3 dm² afgeschraapt. Het afgeschraapte materiaal werd in een afsluitbare plastic zak verzameld en overgebracht naar het laboratorium voor verdere verwerking. Na conservering van het staal

werden de aanwezige organismen geïdentificeerd en hun dichtheden geschat. Daarnaast werd de visfauna geobserveerd op een ad hoc basis: de soorten werden geïdentificeerd, maar geen densiteiten werden bepaald.

In Reubens *et al.* (2009b) werden een aantal technieken voorgesteld voor het onderzoek naar de visfauna. Het gaat om zowel visuele technieken als destructieve methoden, zoals visuele census met duikers, ROV onderwater camera, lijnvissen, kieuwnetten en warrelnetten:

- Visual Census zal worden uitgevoerd door een wetenschappelijk team waarbij duikers per twee de aanwezige vissen gedurende een half uur zullen kwantificeren, samen met hun lengte, gedrag en habitat.
- Observaties met behulp van een ROV onderwater camera zullen worden gemaakt om de soorten en hun densiteiten te bepalen aan de hand van stilstaande beelden. Op basis hiervan zullen de soorten worden gedetermineerd tot het hoogst mogelijke taxonomische niveau.
- Lijnvissen, kieuwnetten en warrelnetten zullen worden gebruikt voor directe staalnames. Deze destructieve methodes maken het mogelijk om data in te zamelen rond de lengte en het gewicht van de vissen, alsook van hun dieet.

Daarenboven zullen meer gedetailleerde onderzoeken gebeuren naar de habitat en voedselvoorkeuren, het gedrag en migratiepatronen van kabeljauw en steenbolk. Dit zal gebeuren aan de hand van maaganalyses, stabiele isotopenanalyses, tagging experimenten en in situ observaties.

Momenteel zijn de eerste resultaten voor de visgemeenschappen van harde substraten in België verkregen door Reubens *et al.* (2010), waarbij enerzijds gefocust werd op de aanwezige visgemeenschap en anderzijds op de trofische relaties tussen steenbolk (*Trisopterus luscus*) en het artificiële rif. Voor de trofische relaties werden dichtheidsschattingen, gebaseerd op visuele observaties, gemaakt en werd het voedingsgedrag van steenbolk nabij de windturbines onderzocht aan de hand van maaganalyses.

4.6.3.2 Referentiesituatie

Een beschrijving van de referentiesituatie zal gebeuren voor de epifauna van harde substraten (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010) en voor de visfauna (Reubens *et al.*, 2010).

Het kolonisatieproces van de eerste 6 windturbines in de Belgische mariene wateren verliep snel en intens. Na ongeveer 3½ maand bleek het subtidale deel van de fundering al volledig bedekt met een dichte begroeiing van epibionten en dat was ook het geval voor de intertidale zone (Kerckhof *et al.*, 2009). In 2008 was reeds een duidelijke dieptezonering waar te nemen. De soortenlijst bevatte 49 soorten: 1 Protoctista, 4 wieren en 44 ongewervelden. De algengroei beperkte zich tot de intertidale zone en was matig ontwikkeld. Ze bestond uit slechts 4, hoofdzakelijk filamenteuze, algen: *Blidingia minima*, *Ulva intestinalis*, *U.compressa* en *Bangia fuscopurpurea*. In totaal werden in de stalen 44 invertebraten geïdentificeerd, maar slechts een beperkt aantal soorten was echt talrijk. De algemeenste (> 1000 ind/m²) waren de chironomide *Telmatogeton japonicus*, het vlokreeftje *Jassa herdmani*, het vulkaantje *Balanus perforatus*, een zeepok en *Electra pilosa*, een mosdiertje. Alle andere soorten waren veel minder talrijk, met uitzondering van *Phytosia marina*, de enige aanwezige caprellide (100-1000 ind/m²). De nieuwe monitoringsresultaten voor 2009 tonen een verhoging van de soortenrijkdom tot 75 taxa (meestal soorten) waarvan 13 soorten alleen in het

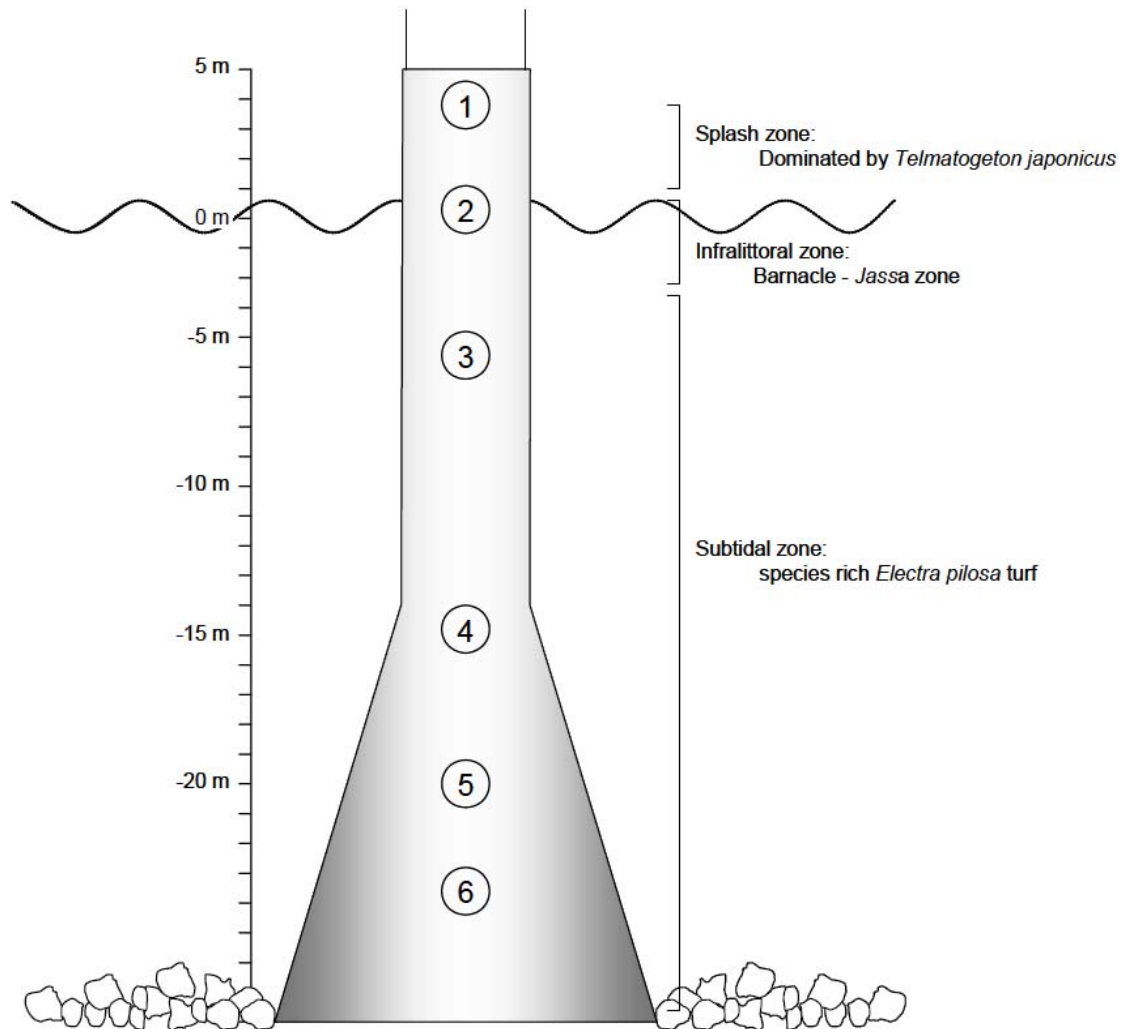
intertidaal aangetroffen werden. Tweeënveertig soorten waren nog niet in eerder onderzoek aangetroffen. Naast de reeds vastgestelde dieptezonering, kon in de structuur van de aangroegemeenschap een sterke seizoenale invloed vastgesteld worden. In het intertidaal werd de onderverdeling van de zonering gedetailleerder: in de zomer van 2009 had zich in de Jassa – zeepokken zone een duidelijke mosselzone gevestigd en in de spatzone was een zone met gewone zeepokken (*Semibalanus balanoides*) ontstaan. Macroalgen bleven zeldzaam. Voor een aantal soorten blijft het onduidelijk of de waargenomen veranderingen in relatieve abundantie de afspiegeling zijn van een terugkerende seizoenscyclus dan wel van een meer geleidelijke verandering in de successie al is vermoedelijk een combinatie van beide waarschijnlijker.

Een soortenaantal van 75 is in vergelijking met andere harde substraten vrij hoog voor het BDNZ zeker gezien de beperkte kolonisatieperiode van de funderingen. Ondanks verschillen in het substraat tonen deze eerste resultaten aan dat de globale structuur van de aangroegemeenschap op de funderingen op de windmolens op de Thorntonbank gelijkaardig is aan die aangetroffen op de funderingen van windmolens in Duitsland, Denemarken en Nederland en op andere harde substraten in de Noordzee (Kerckhof *et al.*, 2010). Bovendien werden verschillende minder bekende soorten voor de Belgische fauna aangetroffen. Daarnaast bleken 4 niet-inheemse soorten aanwezig: het muiltje *Crepidula fornicata*, *Megabalanus coccopoma*, een grote roze zeepok, *Telmatogeton japonicus* en de Nieuw-Zeelandse zeepok *Elminius modestus* (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010). Het zijn alle vier opportunistische soorten die heel snel nieuwe, door de mens gemaakte of verstoorte substraten koloniseren. Ze waren reeds bekend van het BDNZ.

Een zonatiepatroon met drie duidelijk te onderscheiden zones kon worden waargenomen (Figuur 4.6.12):

- Een soortenarme (8 spp.) hoge intertidale splash zone gedomineerd door de chironomide *T. japonicus*;
- Een soortenrijkere (16 spp.) transitie zeepokken-Jassa zone in het laag intertidaal – ondiep subtidaal gedomineerd door de zeepok *B. perforatus* die bedekt waren met een *Jassa* tapijt, en bovenaan afgebakend door *Ulva* wieren; en
- Een subtidale zone bestaande uit het mosdiertje *E. pilosa* (korstvormend). Deze zone is de soortenrijkste (40 spp.) die verschillende kleine mobiele soorten als krabben (*Pilumnus. hirtellus*, *Pisidia longicornis*, *Macropodia linaresi*), kleine garnalen (*Hippolyte varians*, *Thorulus cranchii*), wormachtigen (*Polynoidea* spp., Myrianida (*Autolytus*) spp.en vlokreeftjes herbergt, naast enkele zeeanemonen (*Sagartia troglodytes*).

Tenslotte werden ook grotere soorten zoals de heremietkreeft *Pagurus bernhardus* en de zwemkrab *Liocarcinus holsatus* geobserveerd.



Figuur 4.6.12: Soortenrijkdom en diversiteit van de epifauna van de intertidale, transitie en subtidale zone (Kerckhof *et al.*, 2009)

De eerste resultaten voor de visgemeenschappen van harde substraten in België werden verkregen door Reubens *et al.* (2010). Deze studie verschaft de eerste inzichten in het gebruik van offshore windturbines van het windpark op de Thorntonbank (Belgische deel van de Noordzee) door verschillende vissoorten, waarbij enerzijds gefocust werd op de aanwezige visgemeenschap en anderzijds op de trofische relaties tussen steenbolk (*Trisopterus luscus*) en het artificiële rif. Voor de trofische relaties werden dichtheids-schattingen, gebaseerd op visuele observaties, gemaakt en werd het voedingsgedrag van steenbolk nabij de windturbines onderzocht aan de hand van maaganalyses.

In totaal werden zeven verschillende vissoorten aangetroffen, waarvan vier soorten regelmatig: steenbolk, kabeljauw (*Gadus morhua*), horsmakreel (*Trachurus trachurus*) en makreel (*Scomber scombrus*). De visuele observaties, uitgevoerd tussen juli en oktober, toonden aan dat een populatie van minimum 29 000 steenbolk (biomassa van $3.5 \cdot 10^3$ kg) aanwezig was rond één windturbine. De densiteiten varieerden tussen 7 en 74 specimens/m², met een gemiddelde densiteit van 18 ± 21 individuen/m² ter hoogte van de erosiebescherming. Een grote variatie in densiteiten was aanwezig tussen waarnemers en in de tijd. Lijnvisserij werd gedurende gans 2009 uitgevoerd om voedingsselectiviteit te onderzoeken. Een grote

variëteit aan prooi-soorten was aanwezig in het dieet van steenbolk. De hard-substraatssoorten *Jassa herdmani* en *Pisidia longicornis* bleken hierin de belangrijkste prooi-soorten te zijn. Deze soorten komen in zeer hoge densiteiten voor als epifauna op de funderingen van de windmolens. (Reubens *et al.*, 2010)

4.6.3.3 Autonome ontwikkeling

De zes windturbines van C-Power zijn de eerste in een hele reeks. Ondertussen is ook Belwind gestart met de bouw van het windpark op de Bligh Bank (momenteel 55 funderingen geplaatst) en heeft ook Eldepasco de nodige vergunningen om hun windpark op de Bank Zonder Naam te bouwen. Het aantal harde substraten als potentieel habitat voor epifauna en vissen zal dus in de toekomst verder toenemen.

Bovendien heeft de Minister op 7 oktober 2005 een vergunning toegekend voor de productie van tweekleppige weekdieren in 4 zones van de Noordzee, waaronder de afgebakende windconcessie zone. Bij de maricultuur zal een foulinggemeenschap ontstaan, zowel op de gekweekte mosselen zelf als op de kweekstructuren. Daarnaast zal de aanwezigheid van de hangcultuur een bijkomende aantrekking van vogels en vissen met zich meebrengen, alsook van parasieten (zuigwormen, roeipootkreeftjes, etc.) en pathogenen.

Tenslotte vormen ook wrakken een uitgelezen habitat voor epifauna en visgemeenschappen van harde substraten. De aanwezige wrakken worden beschouwd als cultureel erfgoed en worden behandeld onder de discipline 'Zeezicht'.

4.6.3.4 Effectbespreking

4.6.3.4.1 Constructiefase

De aanwezigheid van turbines, funderingen, erosiebescherming en meetmasten als kunstmatige harde laag zal leiden tot het ontstaan van een nieuw biotoop in een gebied waar voornamelijk zandige sedimenten voorkomen. De introductie van hard substraat – het zogenaamd reef effect – wordt beschouwd als het belangrijkste effect die de oprichting van windparken in het oorspronkelijke mariene milieu zal veroorzaken. Het zal leiden tot een verhoging van de habitat heterogeniteit, en het ontstaan van een nieuwe gemeenschap typisch voor harde substraten. Het zal bovendien de densiteit en de biomassa van bepaalde soorten doen toenemen.

Introductie hard substraat

De procentuele toename van het oppervlak hard substraat is vele malen groter dan de procentuele afname van het oppervlak zandig substraat (zie biotoopverlies). Het totale oppervlak hard substraat dat potentieel beschikbaar wordt voor kolonisatie is afhankelijk van het aantal funderingen (turbines), het funderingstype, de dimensies van de fundering (diameter, subtidaal en intertidaal gedeelte) en de karakteristieken van de erosiebescherming (dimensies, ligging ten opzichte van de zeebodem).

Voor de monopile en de jacket fundering wordt de cilindervormige turbine als basisstructuur genomen, opgesplitst in een intertidaal (ca. 4,5 m) en subtidaal (ca. 25 m) deel. De basis van de gravitaire fundering bestaat uit een afgeknotte kegel (subtidaal deel) die deels ingegraven ligt in de zeebodem, en overgaat in een cilindervormige structuur (intertidaal + subtidaal gedeelte).

Het schatten van de toename aan nieuw habitat ten gevolge van de erosiebescherming is minder eenvoudig. Het storten van de steenblokken zorgt voor een driedimensioneel karakter van de erosiebescherming. Niet enkel de bovenzijde van de blokken maar ook de onderzijde of ontstane nissen kunnen gekoloniseerd worden. We kunnen echter aannemen dat gezien de beperkte laagdikte (ca. 2 m) en het zeer dynamische milieu de meeste van deze holtes zich zullen vullen met zand, zodat voor de verdere berekeningen de oppervlakte ingenomen door de erosiebescherming bepalend zal zijn. Een erosiebescherming wordt door Norther enkel voorzien voor de monopile en de gravitaire fundering.

De oppervlakte hard substraat voorzien per turbine voor het North Sea Power windpark wordt weergegeven in Tabel 4.6.10 volgens de beschouwde funderingsalternatieven.

Tabel 4.6.10: Oppervlakte hard substraat (HS) per funderingstype – North Sea Power

Funderingstype	Opp. HS fundering/ turbine (m²)	Opp. HS erosiebescherming/ turbine (m²)	Totale opp. HS/ turbine (m²)
Monopile	518	570	1.088
Jacket	518	0	518
Gravitaire	742	3.318	4.060

De berekeningen voor de introductie hard substraat wordt in volgende paragrafen gegeven voor zowel de drie configuraties van het North Sea Power project als voor de nu voorliggende situatie (Belwind**+C-Power**+Norther).

A. Configuratiealternatieven Norther

Voor de verschillende configuratiealternatieven zal het totale oppervlakte hard substraat variëren tussen ca. 28.077,98 m² (configuratie 3a) en 202.995,38 m² (configuratie 3b) of m.a.w. respectievelijk 0,07 % en 0,48 % van het concessiegebied. De keuze voor gravitaire funderingen (conf 3b) zorgt voor een significante toename aan potentieel nieuw te koloniseren gebied, te wijten aan de grotere dimensies voor erosiebescherming. Onafhankelijk van het funderingstype bedraagt de oppervlakte inname < 0,01 % van het BDNZ voor alle configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark.

4.6.11: Beschikbaar hard substraat voor kolonisatie - North Sea Power

Hard substraat (m²)	Configuratie 1a (86 MP * 3 MW)	Configuratie 2 (74 JF * 6,15 MW)	Configuratie 3a (47 JF * 10 MW)	Configuratie 3b (47 GBF * 10 MW)
Funderingen (turbines)	45.615,93	39.913,93	28.077,98	37.119,29
Erosiebescherming	50.177,52	0,00	0,00	165.876,09
Totaal	95.793,44	39.913,93	28.077,98	202.995,38

B. Basisscenario

Rekening houdende met de reeds aanwezige windturbines van C-Power (6 GBF) en Belwind (55 MP) zal het totale oppervlakte hard substraat variëren tussen ca. 177.574,13 m² (incl. configuratie 1) en 284.776,07 m²

(incl. configuratie 3b) of m.a.w. respectievelijk 0,18 % en 0,29 % van het totale concessiegebied voor de drie parken of m.a.w. minder dan 0,01 % van het BDNZ.

4.6.12: Beschikbaar hard substraat voor kolonisatie – Basisscenario (op basis van 2 configuraties Norther)

Hard substraat (m ²)	Basisscenario (incl. Conf. 1 - 86 MP * 3 MW)	Basisscenario (incl. Conf. 3b - 47 GBF * 10 MW)
Funderingen (turbines)	46.251,49	67.754,85
Erosiebescherming	101.322,65	217.021,22
Totaal	177.574,13	284.776,07

Het ontstane artificiële biotoop zal gekoloniseerd worden door epifauna waardoor er een verandering in gemeenschapsstructuur zal plaatsvinden. Uit de eerste monitoringsresultaten van C-Power (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010) blijkt dat dit kolonisatieproces snel en intens verloopt. Reeds na ongeveer 3,5 maand bleek zowel het intertidale als het subtidale deel van de fundering al volledig bedekt met een dichte begroeiing van epibionten en was een duidelijke dieptezonering waar te nemen. De typische soorten van een eerste fase van een ecologische successie (de zogenaamde r-strategen) worden er teruggevonden. Bovendien wordt een hoge diversiteit vastgesteld in vergelijking met andere kunstmatige substraten in de omgeving. Het is duidelijk dat nu reeds voor sommige soorten, voornamelijk voor Jassa soorten en *T. japonicus*, het 'stepping stone' effect aangetoond wordt. Voor meer details wordt verwezen naar paragraaf 4.6.3.2.

Er wordt verwacht dat deze initiële gemeenschap snel zal worden overgroeid en aanleiding zal geven tot veranderingen in het zonatiepatroon en nieuwe gemeenschappen. Hoogstwaarschijnlijk zal een mosselzone ontstaan en zullen ook kokerwormen (e.g. *S. spinulosa*) en oesters (e.g. *Crassostrea gigas*) zich vestigen. Langetermijnstudies tonen aan dat het zeker 5-6 jaar kan duren vooraleer een stabiele gemeenschap gevestigd is die gedomineerd wordt door filtervoeders (o.a. mossels) en permanente bruin- en roodwieren (Jensen *et al.*, 2000; Leonhard & Pedersen, 2005). Hevige stormen en strenge winters kunnen dit proces zelfs nog verlengen, alsook het schurende effect van zand.

Grote mosselpopulaties kunnen bijdragen tot een enorme verhoging van de biomassa. Tijdens hevige stormen zullen delen van de epifauna weggerukt worden en vernield worden waardoor steeds plaatsen vrijkomen voor pioniersoorten. Daarnaast zal ook het voorkomen van belangrijke predatoren zoals de zeester voor de mossel, belangrijk zijn om dominantie van bepaalde soorten onder controle te houden.

Algemeen kan gesteld worden dat hoe complexer de onderwaterstructuren, hoe meer organismen er zich rond die structuren bevinden (Hoffmann *et al.*, 2000; Vella *et al.*, 2001; Zalmon *et al.*, 2002; Volckaert *et al.*, 2004; Petersen & Malm, 2006).

Kunstmatige riffen zullen dus in de eerste plaats bijdragen tot de habitatdiversiteit in het overwegend natuurlijk zandige biotoop (Fabi *et al.*, 2002; Zalmon *et al.*, 2002; Leonhard & Pedersen, 2005). Dit zal leiden tot een verhoging van de soortendiversiteit en van de biomassa. In Denemarken werd de biomassa 50 tot 150 keer hoger (vooral ten gevolge van mosselen), waarbij het meeste beschikbaar was als voedsel voor vissen en vogels (Dong Energy *et al.*, 2006). Een hoge (bio)diversiteit en biomassa wordt algemeen gezien als een positief aspect voor een bepaald biotoop. Het effect van een verhoogde biodiversiteit moet echter deels gerelativeerd worden indien men een dynamisch systeem als de Noordzee beschouwt. Voor de monopile en de gravitaire fundering bedraagt de laagdikte van de erosiebescherming ongeveer 1,6 m. In

geval van de gravitaire fundering komt deze erosiebescherming meestal niet boven het oppervlak uit, dit in tegenstelling tot de monopile waar de erosiebescherming boven het oppervlak wordt geplaatst. Hoogstwaarschijnlijk wordt zelfs geen erosiebescherming voorzien voor de jacket fundering. De kans bestaat dat de erosiebescherming door de heersende stromingen in het projectgebied permanent onder het zand verdwijnt waardoor de stortstenen dus weinig of geen effect hebben op de samenstelling van de bodemfauna. Dit gegeven moet verder worden bestudeerd. Gezien het zeer dynamisch (verstorend) milieu kan hoe dan ook verwacht worden dat vooral opportunisten hier zullen domineren en dat er dus een minder diverse fouling-gemeenschap zal ontstaan dan verwacht. Het zullen dus voornamelijk de funderingen zelf zijn die zullen bijdragen tot de biodiversiteit en de biomassa.

Ten tweede, zullen de complexe structuren en de kolonisatie door sessiele invertebraten en algen, bepaalde benthische organismen en vissen aantrekken die er niet alleen voedsel, maar ook beschutting, bescherming kunnen zoeken (Hoffmann *et al.*, 2000; Volckaert *et al.*, 2004; Leonhard & Pedersen, 2005; Reubens *et al.*, 2010). De aantrekkelijkheid als voedselgebied is afhankelijk van de soorten die ervoor komen. De eerste studies ter hoogte van het park Egmond aan Zee (10 à 18 km offshore) (Lambers & Hofstede, 2009) en Horns Rev (Christian *et al.*, 2005) tonen geen sterke verhoging van de visgemeenschap in het windpark in vergelijking met andere gebieden na constructie. Op soortsniveau echter, worden wel enkele effecten van het windpark waargenomen. Een significante toename in vangstefficiëntie (catch per unit effort (CPUE)) wordt waargenomen voor tong, wijting en mul tijdens de zomer en een significante daling voor kleine pieterman zowel in de zomer als in de winter (Lambers & Hofstede, 2009). Het is echter nog niet duidelijk of deze patronen te verklaren zijn door de constructiewerken zelf of door de aanwezigheid van de windturbines. De eerste monitoringsresultaten van C-Power lijken daarentegen wel de aantrekkingskracht van harde substraten voor vissen te bevestigen. Visuele observaties toonden bijvoorbeeld een populatie van minimum 29.000 steenbolken rond één windturbine (Reubens *et al.*, 2010). Verder onderzoek is echter aangewezen om het belang van deze nieuwe substraten voor visgemeenschappen te bekrachtigen.

De studie van Leonhard & Pedersen (2005) vormt het bewijs dat de harde substraten ook kunnen dienst doen als kraamkamer voor grotere en meer mobiele organismen zoals de noordzeekrab *Cancer pagurus*. Deze bevindingen worden ook waargenomen bij diepzee wrakken die een rijk habitat vormen en worden bevestigd door de eerste monitoringsrapporten van de Horns Rev & Nysted windparken (Leonhard & Pedersen, 2005; Dong energy *et al.*, 2006).

In tegenstelling tot de mogelijks positieve effecten, vormt deze antropogene diversiteit een inbreuk op de natuurlijk aanwezige diversiteit. Zeker in gebieden met weinig of geen harde substraten kan de constructie van een windpark de karakteristieken van de plaatselijke gemeenschappen veranderen (Petersen & Malm, 2006). De introductie van harde substraten kan schade berokkenen aan de visfauna door een herverdeling van stocks. Daarenboven is nog niet echt aangetoond indien de aantrekking voor vissen zich ook vertaalt in een hogere productie. Nieuwe substraten kunnen ook leiden tot een versnelde introductie van invasieve (niet-inheemse) soorten en ziekteverwekkende kiemen (pathogenen) die het bestaande ecosysteem negatief kunnen beïnvloeden (Petersen & Malm, 2006). Uit een analyse van het Vlaams Instituut voor de Zee (VLIZ) blijkt dat zich in de Belgische kustwateren niet minder dan 90 niet-inheemse dieren of planten hebben gevestigd. Hoewel dit naar schatting slechts 3-5 % is van het totale aantal waargenomen soorten aan onze kust, is hun invloed niet gering. Vooral de snelheid waarmee exotische soorten de inheemse fauna en flora

vervoegen, lijkt te zijn toegenomen. Sinds 1990 is het tempo waaraan nieuwe soorten zich vestigen verdrievoudigd t.o.v. de periode 1970 – 1990, vooral door de gestage groei in wereldscheepvaart (ballastwater, aangroei) en aquacultuur, in combinatie met klimatologische veranderingen (gunstige omstandigheden voor vestiging). Japanse oesters en Amerikaanse zwaardschedes zijn voorbeelden van schelpen die ten koste van andere organismen op enkele decennia tijd zijn uitgegroeid tot de meest dominante weekdieren van onze kust.

De eerste monitoringsresultaten van het C-Power windpark (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010) bevestigen de druk van niet-inheemse soorten. Op de turbines werden reeds vier niet-inheemse soorten aangetroffen: het muiltje *Crepidula fornicata*, de Nieuw-Zeelandse zeepok *Elminius modestus*, de reuze zeepok *Megabalanus coccopoma* en de reuze mug *T. japonicus*. Deze soorten zijn reeds gekend voor de Belgische mariene wateren. Het zijn opportunistische soorten en vroege kolonistoren na verstoring die gebruik maken van kunstmatige structuren en verstoorde omstandigheden om zich te vestigen (Kerckhof *et al.*, 2007). Bovendien werd vastgesteld dat het gebied onder invloed staat van het Engels kanaal, gekenmerkt door hogere minimum en lagere maximum temperaturen, een nagenoeg constante saliniteit en lagere turbiditeit waardoor meer zuidelijke soorten worden aangevoerd. De aanwezigheid van de zeepok *Balanus perforatus* en van *M. coccopoma* zijn ook een indicatie voor de opwarming van het water en de klimaatverandering zal mee bijdragen tot de noordelijke verspreiding van warmwater en niet-inheemse soorten (Kerckhof *et al.*, 2009).

De grootte van de impact –ongeacht of het nu positief of negatief geëvalueerd wordt, is op huidig ogenblik moeilijk in te schatten voor de offshore windparken op de Noordzee. Het is duidelijk dat de oppervlakte geïntroduceerd hard substraat veel omvangrijker zal zijn in geval van een gravitaire fundering (conf 3b) dan bij een monopile (conf 1) of jacket fundering (conf 2 en conf 3a), én in het geval gekozen wordt voor configuratie 1 (groter aantal turbines). Het aandeel dat effectief beschikbaar is voor kolonisatie door organismen is – ongeacht het funderingstype- echter beperkt daar zowel de funderingen als erosiebescherming gedeeltelijk of volledig ingegraven liggen in de zeebodem en dus volledig bedekt zullen worden door het aanwezige zandige biotoop. Er kan dus verwacht worden dat ondanks de wijziging ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, het effect als aanvaardbaar (0/- of 0/+) kan worden beschouwd voor voor zowel de verschillende configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark en de gedefinieerde basisscenario's gezien het beschikbare oppervlak voor de ontwikkeling van een nieuwe gemeenschap relatief gering is ten opzichte van het Belgische deel van de Noordzee ($\leq 0,01\%$).

4.6.3.4.2 Exploitatiefase

Tijdens de exploitatiefase zullen de mogelijke effecten op de epifauna en de visgemeenschappen van harde substraten beperkt blijven tot veranderingen in de hydro-fysico-chemische toestand van het projectgebied en mogelijke geluidsverstoring van de draaiende turbines, zoals besproken voor de fauna gemeenschappen van zachte substraten (zie 4.6.2.4.2).

4.6.3.4.3 Ontmantelingsfase

North Sea Power engageert zich om de site in voldoende mate in haar oorspronkelijke staat te herstellen indien dit om redenen van bestemming, gebruik of ecologische criteria noodzakelijk is. Daarbij kan gekozen worden voor de volledige ontmanteling en verwijdering van de projectvoorzieningen (windturbines, funderingen, onderzeese kabels en aansluitingsvoorzieningen aan land) of voor een gedeeltelijke ontmanteling. Deze gedeeltelijke ontmanteling slaat op de verwijdering van de palen tot op een diepte van enkele meters (ca. 2 m) onder de zeebodem bij monopile of jacket fundering en op het al dan niet verwijderen van erosiebescherming en kabels. In geval van de gravitaire funderingen zullen deze in hun geheel afgevoerd worden naar land voor afbraak met recuperatie van beton en wapeningsijzer.

Het ontmantelen van het windpark zou er dus toe leiden dat de harde substraten nagenoeg volledig verdwijnen. Opnieuw kan hier de vraag gesteld worden als dit als positief of negatief moet geëvalueerd worden daar enerzijds wel de oorspronkelijke staat van zandige substraten verkregen wordt, maar dit anderzijds wel leidt tot een verlies aan biodiversiteit en andere mogelijke functies die het artificieel rif tijdens de exploitatie heeft uitgevoerd (bv. kraamkamer, stepping-stone, aantrekking voor bepaalde organismen). Het effect kan hier echter nog niet van worden ingeschat daar momenteel slechts initiële resultaten beschikbaar zijn over het effect van de introductie van harde substraten in een overwegend zandig milieu.

4.6.3.4.4 Bekabeling

De belangrijkste effecten tengevolge van de bekabeling voor het epibenthos en de demersale visfauna van harde substraten zijn biotoopverstoring, verhoogde turbiditeit, het ontstaan van elektromagnetische velden en de mogelijke opwarming. Deze zullen analoog zijn als diegene besproken voor het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten. Voor een bespreking wordt verwezen naar paragraaf 4.6.2.4.4.

4.6.3.4.5 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op epifauna en visgemeenschappen van harde substraten

Samenvattend worden de effecten op de **epifauna van harde substraten** weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
Funderingstype	a	b		a	b
Constructiefase					
Introductie hard substraat	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+
Exploitatiefase					
Geluidsverstoring	0	0	0	0	0
Andere vormen van verstoring	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					

Configuratie	1		2	3	
<i>(Analoog constructiefase)</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling					
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Turbiditeit	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)	0 (?)
Opwarming	0	0	0	0	0

Samenvattend worden de effecten op de **visgemeenschappen van harde substraten** weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	a	b		a	b
Constructiefase					
Introductie hard substraat	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+
Exploitatiefase					
Geluidsverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Andere vormen van verstoring	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					
<i>(Analoog constructiefase)</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling					
Biotoopverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Turbiditeit	0	0	0	0	0
Elektromagnetische velden	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)
Opwarming	0	0	0	0	0

Analoog als voor de reeds besproken groepen, kunnen de effecten op de epifauna en de visgemeenschappen van harde substraten als vrijwel onbestaande tot matig negatief beoordeeld worden en dus allen als aanvaardbaar beschouwd worden (zie tabel besluit).

4.6.3.5 Leemten in de kennis

De eerste resultaten rond de gevolgen van de introductie van harde substraten zijn beschikbaar (Kerckhof *et al.*, 2009), maar verder onderzoek is wenselijk.

4.6.3.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

Analoog als voor voorgaande fauna groepen, wordt de klemtoon gelegd op degelijke monitoringsstrategieën en bijkomend wetenschappelijk onderzoek.

4.6.3.7 Monitoring

Analoog als de redenering beschreven voor de fauna van zachte substraten, wordt voor het Norther-project met betrekking tot monitoring van de epifauna en visgemeenschappen van harde substraten bij het geïntegreerd programma van de reeds vergunde parken aangesloten. Een kort overzicht van de te bestuderen aspecten wordt hieronder gegeven. Voor meer details wordt verwezen naar de bovenvermelde monitoringsprogramma's en naar de aanbevelingen geformuleerd in het eerste resultatenoverzicht van monitoring voor offshore windparken in de Belgische mariene wateren (Degraer & Brabant, 2009).

Monitoring van de epifauna en visgemeenschappen van harde substraten:

- vestiging (kolonisatie), ontwikkeling en aard (inheems, niet-inheems) van organismen op de nieuwe structuren (zowel intertidaal als subtidaal);
- de ontwikkelingstijd nodig voor het bereiken van een climaxgemeenschap.

4.6.4 Avifauna

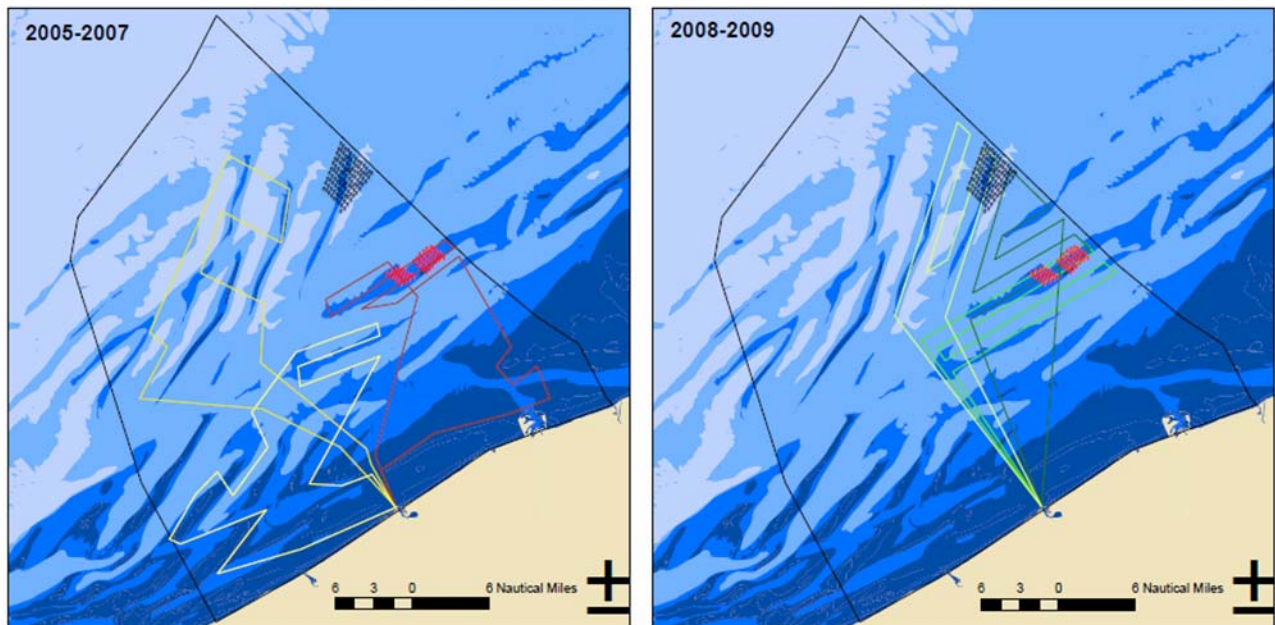
4.6.4.1 Methodologie

Om het belang van het projectgebied en de omgeving voor de mariene avifauna te beschrijven wordt gebruik gemaakt van een uitgebreid databestand met betrekking tot de verspreiding van zeevogels op het Belgische deel van de Noordzee en de directe omgeving ervan. De gegevensset bestaat uit gestandaardiseerde tellingen vanaf schepen die door het Instituut voor Natuur en Bos (INBO) maandelijks worden uitgevoerd. Deze scheepstellingen worden uitgevoerd volgens een zogenaamde transectmethode (Tasker *et al.*, 1984).

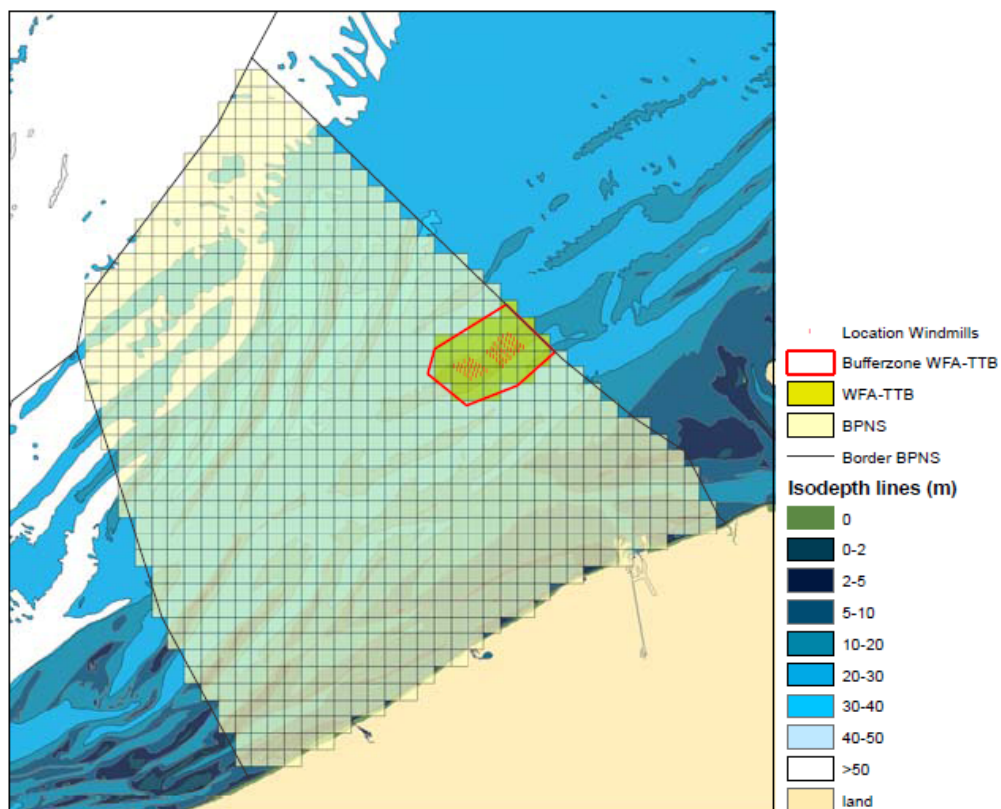
Om het belang van de windparksite en de omgeving ervan, dus inclusief de zone op ten zuidoosten van de Thorntonbank waar het North Sea Power windpark komt, af te wegen, wordt voornamelijk gebruik gemaakt van de recente monitoringsgegevens en de verspreiding van de daar voorkomende zeevogels op het ganse Belgische deel van de Noordzee (BDNZ), beschreven in het monitoringsrapport van Degraer & Brabant (2009), meer bepaald in het hoofdstuk 'Seabirds & offshore wind farms: monitoring results 2008' (Vanermen & Stienen, 2009). Daarnaast werd tevens het meest recente monitoringsrapport van Degraer *et al.* (2010a), meer bepaald het hoofdstuk 9 'Monitoring seabird displacement effects by offshore wind farms: a modeling approach' (Vanermen *et al.*, 2010) geconsulteerd.

In het monitoringsrapport van 2009 (Degraer & Brabant, 2009) is de seizoenale verdeling beschreven van de voorkomende zeevogels, ter hoogte van de zogenaamde impactzone (windparkzone + bufferzone van 3 km) van het windpark op de Thorntonbank (C-Power) en de Bligh Bank (Belwind). Deze seizoenale verdeling is beschreven op basis van de monitoring routes die sinds april 2008 worden gevaren, gekozen in functie van deze twee in opbouw zijnde windparken. De monitoring routes worden weergegeven op Figuur 4.6.13. De impactzone wordt weergegeven op Figuur 4.6.14. Op basis van beide figuren kan er afgeleid worden dat de monitoring route 'Goote Bank-Thorntonbank' het volledige projectgebied omvat waar het nieuwe windpark van North Sea gepland is. De impactzone, waarvoor de seizoenale verdeling van de vogelsoorten berekend is, overlapt tevens voor meer dan de helft met de impactzone die voor het nieuwe windpark kan afgebakend worden.

Vanwege de hoge mobiliteit van zeevogels en het feit dat de fysische en biologische omstandigheden voor avifauna binnen deze beide impactzones (C-Power en Belwind) als min of meer vergelijkbaar kunnen beschouwd worden, kan er aangenomen worden dat deze gegevens een representatief beeld van de aanwezige avifauna ter hoogte van het projectgebied geven en dus geldig zijn voor de beschrijving van de referentiesituatie van het North Sea Power windpark.



Figuur 4.6.13 : Monitoring route periode 2005-2007 (rood: route Goote Bank-Thorntonbank) en maandelijkse monitoringsroute 2008-2009 (groen: route Goote Bank-Thorntonbank) (Vanermen *et al.*, 2010)



Figuur 4.6.14 : Grid van 2x2 km voor de bepaling van de zeevogel densiteit in de impact zone van het windpark op de Thorntonbank (C-Power) en het Belgische deel van de Noordzee (Vanermen & Stienen, 2009).

4.6.4.2 Referentiesituatie

De monitoring route Goote Bank – Thorntonbank (Figuur 4.6.13) werd vóór de aanvang van de werkzaamheden voor de bouw van het windpark van C-Power (in 2008) drie jaar lang intensief geteld (2005-2007). Ook in de periode 2008-2009 werden de Goote Bank en de Thorntonbank, op basis van een aangepaste route, gemonitord. De resultaten van deze tellingen tonen het belangrijk ornithologisch belang van dit zeegebied aan. Meerdere soorten zeevogels komen er in hoge dichtheden voor, zoals Jan-Van-Gent, Kleine mantelmeeuw, Drieteenmeeuw, Alk en Zeekoet (Vanermen & Stienen, 2009). Deze soorten kunnen eerder als wijdverbreide en algemene soorten voor het Belgische deel van de Noordzee worden beschouwd, waarbij de impactzone niet van specifiek belang is voor hen, maar omwille van hun algemeen voorkomen worden zij toch als geschikte monitoringsoorten beschouwd (Vanermen *et al.*, 2010). Daarnaast is de Thorntonbank ook van belang voor enkele minder algemene en Europees beschermde zeevogels zoals Dwergmeeuw, Grote stern en Visdief. Deze drie soorten staan namelijk op Bijlage I van de Europese Vogelrichtlijn.

De seizoenale verdeling van al deze vogelsoorten, berekend voor de impactzone voor het windpark op de Thorntonbank (C-Power), die grotendeels overlapt met de impactzone voor het North Sea Power windpark wordt hierna weergegeven.

Tabel 4.6.13 : Vergelijking van de seizoenale verdeling (aantal vogels/km²) van zeevogels in de impactzone van het windpark van C-Power op de Thorntonbank t.o.v. het ganse Belgische deel van de Noordzee in de winter, lente, zomer en herfst

	Winter		Lente		Zomer		Herfst	
	WPZ/TTB	BDNZ	WPZ/TTB	BDNZ	WPZ/TTB	BDNZ	WPZ/TTB	BDNZ
Aantal gridcellen	26	769	23	649	23	602	27	726
Roodkeelduiker	0.12	0.24	0.02	0.04	0.00	0.00	0.02	0.04
Fuut	0.00	0.44	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.05
Noordse stormvogel	0.15	0.39	0.13	0.21	0.20	0.14	0.70	0.52
Jan-Van-Gent	0.18	0.39	0.36	0.25	0.17	0.13	1.14	1.04
Zwarte zeeëend	0.07	0.57	0.00	0.86	0.00	0.05	0.00	0.08
Grote jager	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.04
Dwergmeeuw*	0.81	0.16	0.40	0.57	0.00	0.04	0.43	0.25
Stormmeeuw	2.56	0.98	0.07	0.59	0.00	0.01	0.04	0.27
Kleine mantelmeeuw	0.06	0.12	21.64	2.79	4.42	1.93	0.18	0.97
Zilvermeeuw	0.38	0.60	0.37	1.07	0.02	0.64	0.01	0.53
Grote mantelmeeuw	2.73	1.05	0.04	0.14	0.21	0.05	3.25	0.80
Drieteenmeeuw	5.97	1.79	0.09	0.39	0.00	0.04	5.24	1.37
Grote stern*	0.00	0.00	0.11	0.16	0.59	0.25	0.02	0.02
Visdief*	0.00	0.00	0.02	0.26	0.38	0.66	0.02	0.03
Zeekoet	4.42	3.23	0.65	0.94	0.00	0.01	3.67	0.90
Alk	1.33	0.69	0.08	0.14	0.00	0.00	0.58	0.21

WPZ: Windparkzone (C-Power)

TTB: Thorntonbank

BDNZ: Belgische deel van de Noordzee

*: Bijlage I soort van de Vogelrichtlijn

4.6.4.2.1 Seizoensfluctuaties

Op het BDNZ worden de hoogste dichtheden aan zeevogels bereikt in de winter (gemiddelde dichtheid van ca. 11,5 vogels/km²) (Vanermen & Stienen, 2009). In de lente en herfst is de gemiddelde dichtheid iets lager, maar ook dan worden nog steeds dichtheden van meer dan 7 vogels/km² vastgesteld. Tijdens de zomer worden relatief weinig vogels gezien op het BDNZ (gemiddelde dichtheid van 4 vogels/km²) (Vanermen & Stienen, 2009). Hierbij dient wel opgemerkt dat deze cijfers gemiddelden van de gemiddelde waarde per minuuthok betreffen. Maximale dichtheden kunnen echter veel hoger liggen en oplopen tot meer dan 700

vogels/km². Dergelijke hoge cijfers zijn wel meestal gekoppeld aan bijvoorbeeld de aantrekkende werking van vissersschepen, waar achter soms grote concentraties aan vogels worden waargenomen.

Ter hoogte van de Thorntonbank zijn er doorgaans minder sterke fluctuaties doorheen het jaar. Tijdens de winter, lente en herfst zijn de dichtheden van de vogels lager dan op het BDNZ. Opvallend is verder dat in tegenstelling tot de algemene trend op het BDNZ, de dichtheden op de Thorntonbank tijdens de zomermaanden in dezelfde grootteorde liggen als tijdens de andere maanden.

4.6.4.2.2 Soortenspectrum

Voor een overzicht van het soortenspectrum ter hoogte van de Thorntonbank en op het BDNZ wordt verwezen naar Tabel 4.6.13.

In vergelijking met de preliminaire resultaten in Vanermen *et al.* (2006), blijkt op basis van de intensieve monitoring van 2005-2007, dat sommige soorten meer abundant voorkomen dan verwacht. Het betreft Kleine mantelmeeuw, Grote mantelmeeuw, Drieteenmeeuw, Zeekoet en Alk. Toch is de zone Goote Bank – Thorntonbank niet van bijzonder belang voor deze soorten, de Thorntonbank behoort namelijk niet tot hun concentratiegebied.

Het door Vanermen *et al.* (2006) verwachte grote belang van de Thorntonbank voor de Europees beschermde soorten Dwergmeeuw, Grote stern en Visdief wordt bevestigd door de recente monitoringsresultaten.

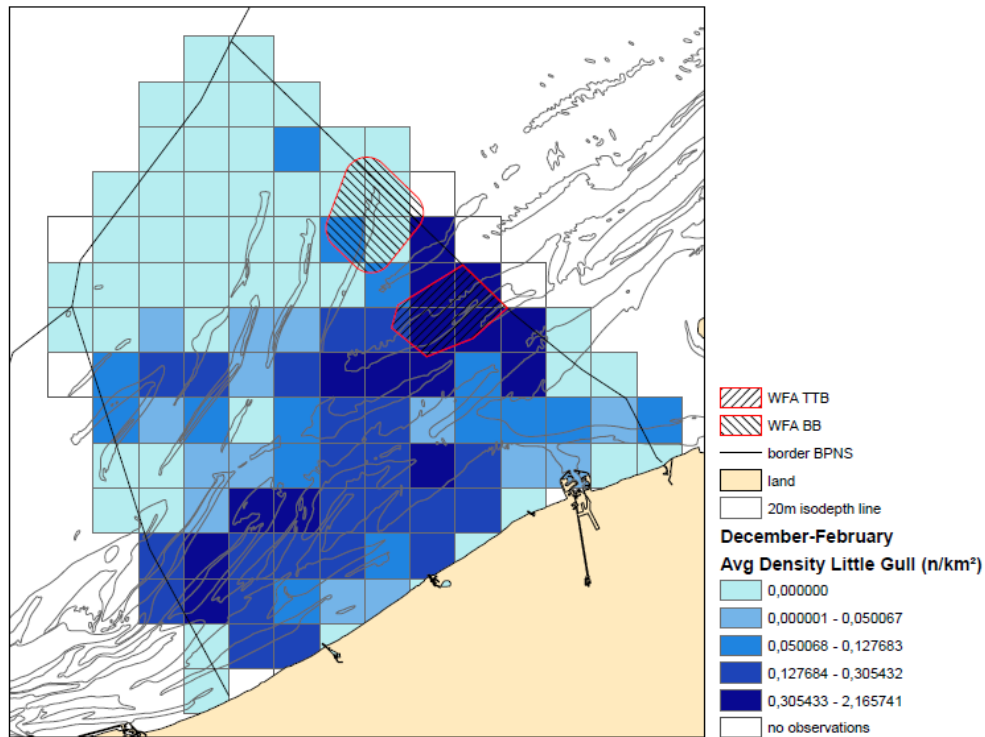
Wat Grote jager betreft, is het belang van deze soort wat overschat in Vanermen *et al.* (2006). De Thorntonbank blijkt eerder onbelangrijk te zijn voor deze soort. Ook voor Roodkeelduiker, Fuut, Noordse stormvogel, Zwarte zee-eend en Zilvermeeuw is de Thorntonbank van minder belang.

De drie Europees beschermde soorten, waarvoor de Thorntonbank van groot belang is, worden hierna meer in detail beschreven op basis van gegevens van Vanermen & Stienen (2009).

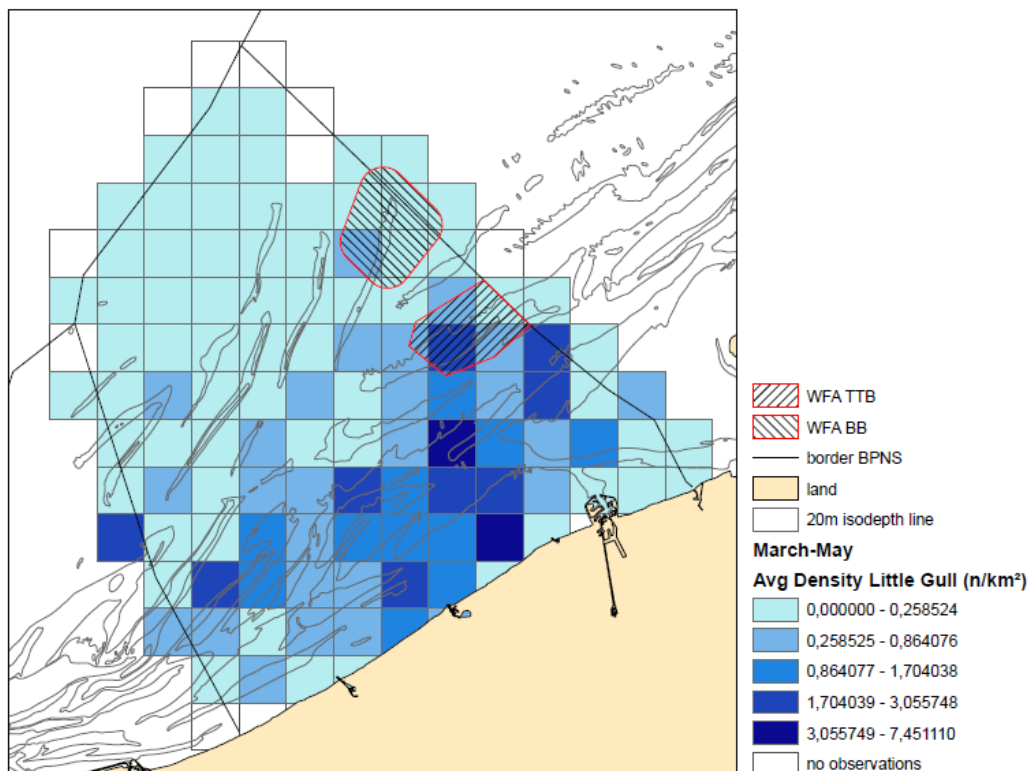
Dwergmeeuw

(Annex I van de Vogelrichtlijn, Appendix II van de Bern Conventie)

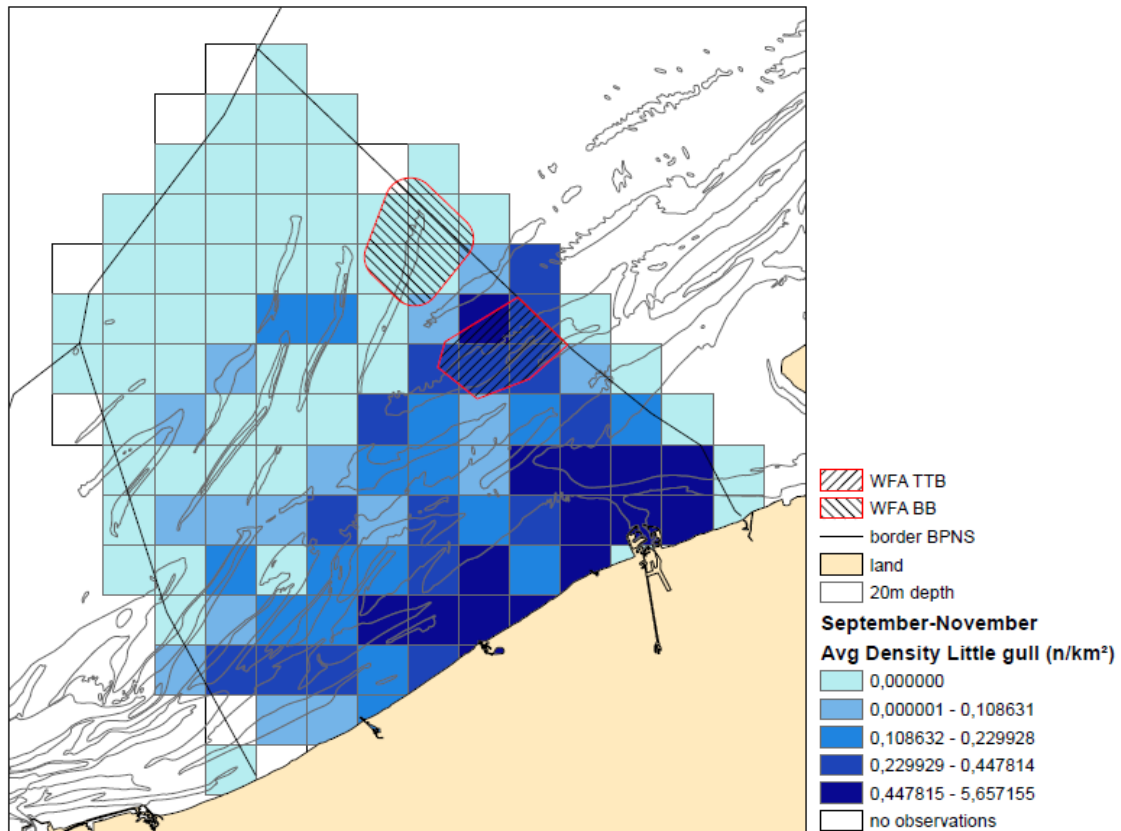
De recente monitoringsresultaten tonen aan dat er tijdens de periode van september tot april hoge densiteiten aan Dwergmeeuw voorkomen binnen de impactzone van het windpark op de Thorntonbank. Tijdens de winterperiode worden densiteiten tot 0,81 vogels/km² geteld en tijdens de lente en herfst rond de 0,4 vogels/km². Tijdens de herfst wordt Dwergmeeuw vooral waargenomen ter hoogte van de haven van Zeebrugge en Oostende.



Figuur 4.6.15 : Winter distributie van Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²)



Figuur 4.6.16 : Lente distributie van Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²)

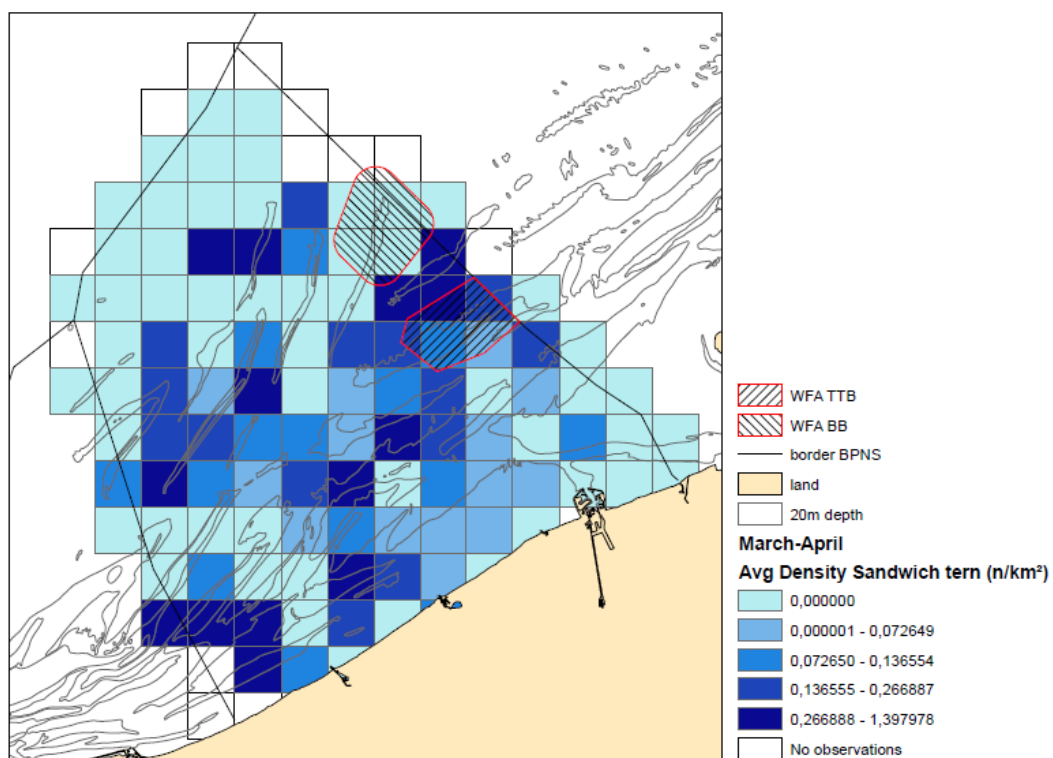


Figuur 4.6.17 : Herfst distributie van Dwergmeeuw op het Belgische deel van de Noordzee (aantal per km²)

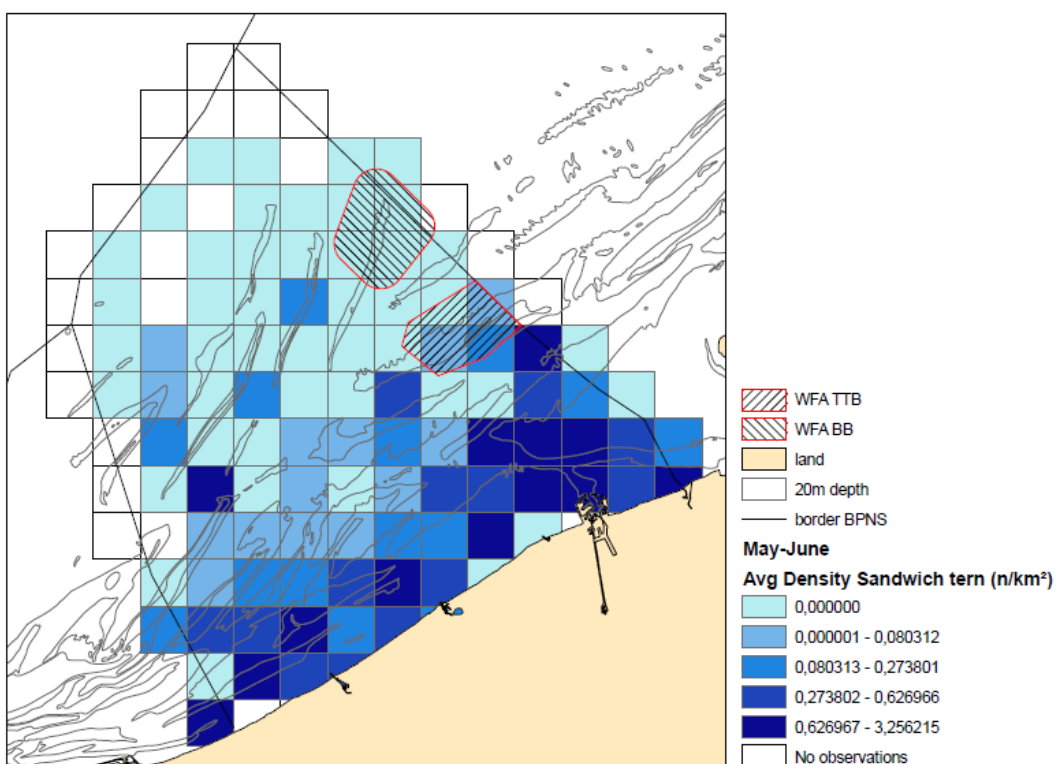
Grote stern

(Annex I van de Vogelrichtlijn, Appendix II van de Bonn Conventie, Appendix II van de Bern Conventie)

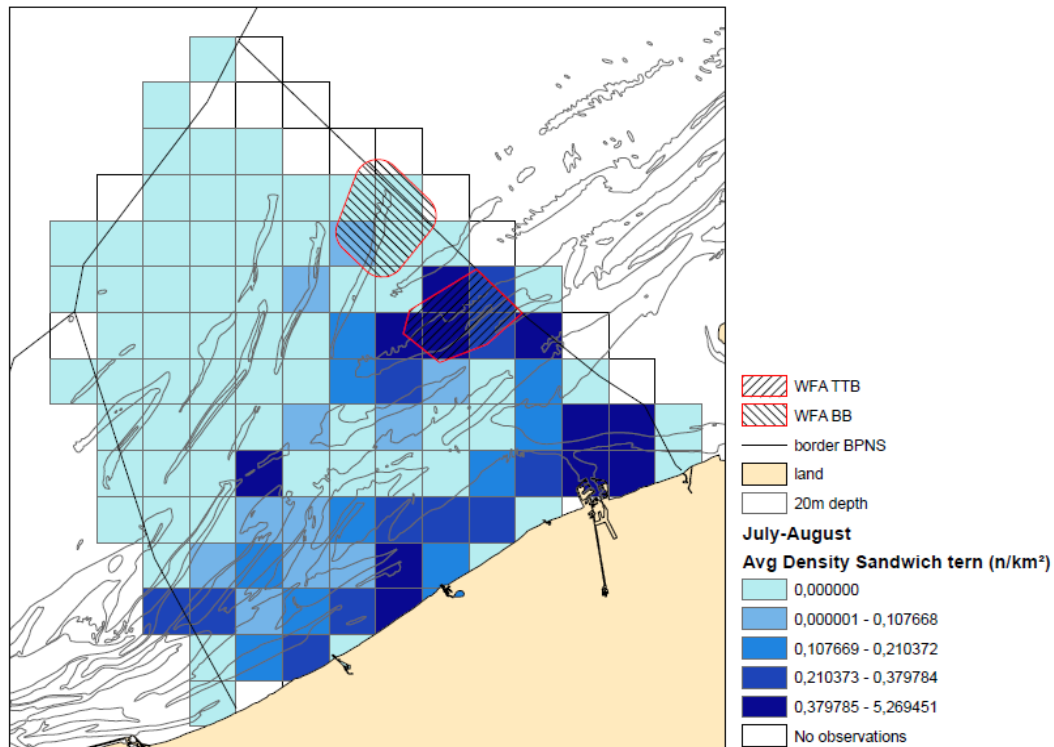
In de lenteperiode treedt verspreid over gans het BDNZ een migratie van Grote stern op. Tijdens het broedseizoen komen de grootste dichtheden voor nabij de kust, met een duidelijke concentratie binnen een straal van 15 km rond de broedkolonie op het sternenschiereiland te Zeebrugge. Gedurende de zomerperiode komen er voornamelijk ter hoogte van de havens van Zeebrugge en Oostende en ter hoogte van de Thorntonbank hoge concentraties Grote stern voor.



Figuur 4.6.18 : Verdeling van Grote stern tijdens migratie in de lente (maart-april)



Figuur 4.6.19 : Verdeling van Grote stern tijdens broedseizoen (mei-juni)

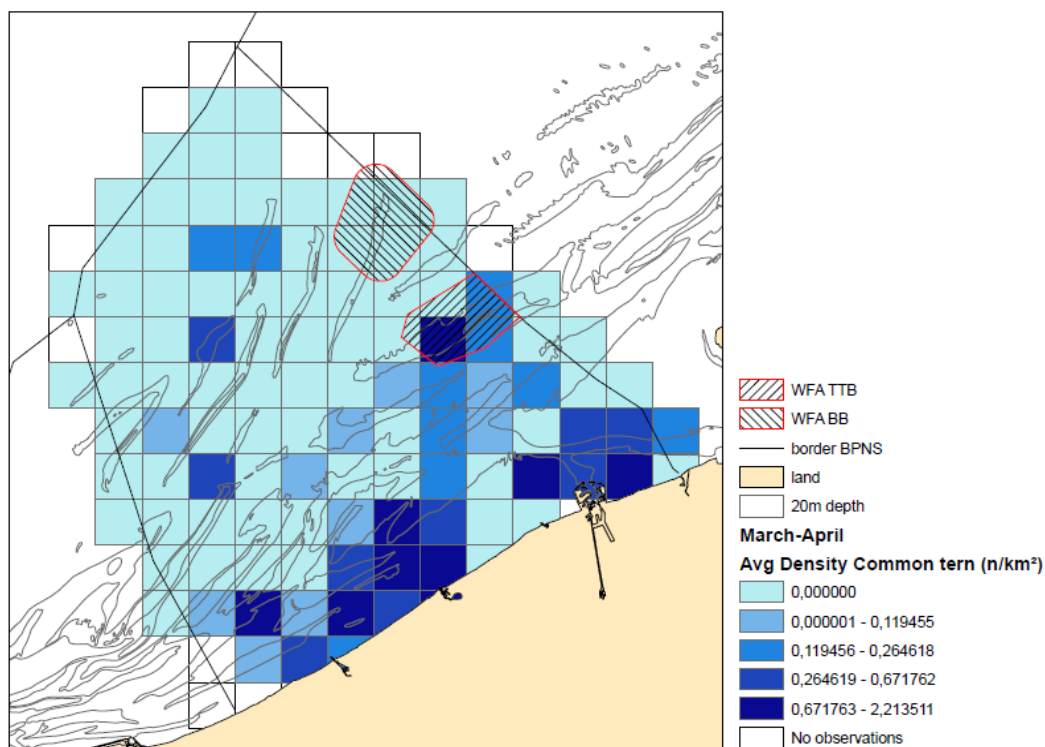


Figuur 4.6.20: Verdeling van Grote stern tijdens de zomer (juli-augustus)

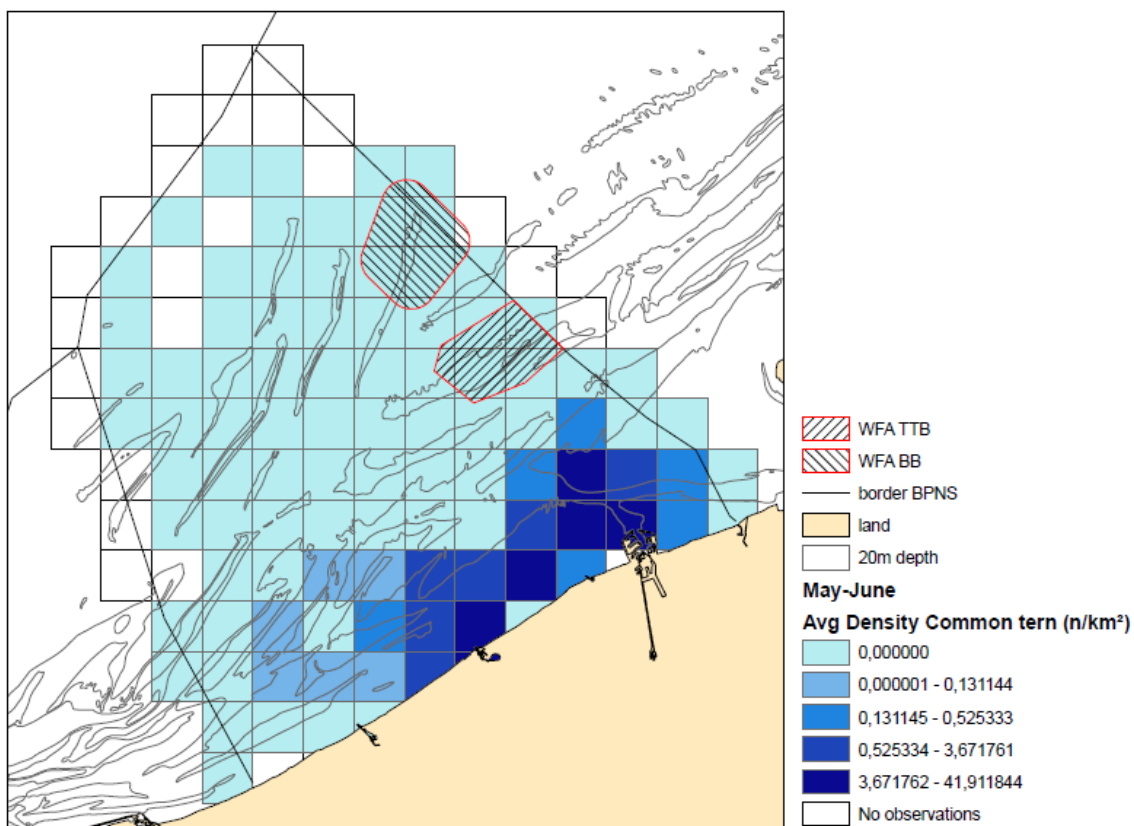
Visdief

(Annex I van de Vogelrichtlijn, Appendix II van de Bonn Conventie, Appendix II van de Bern Conventie)

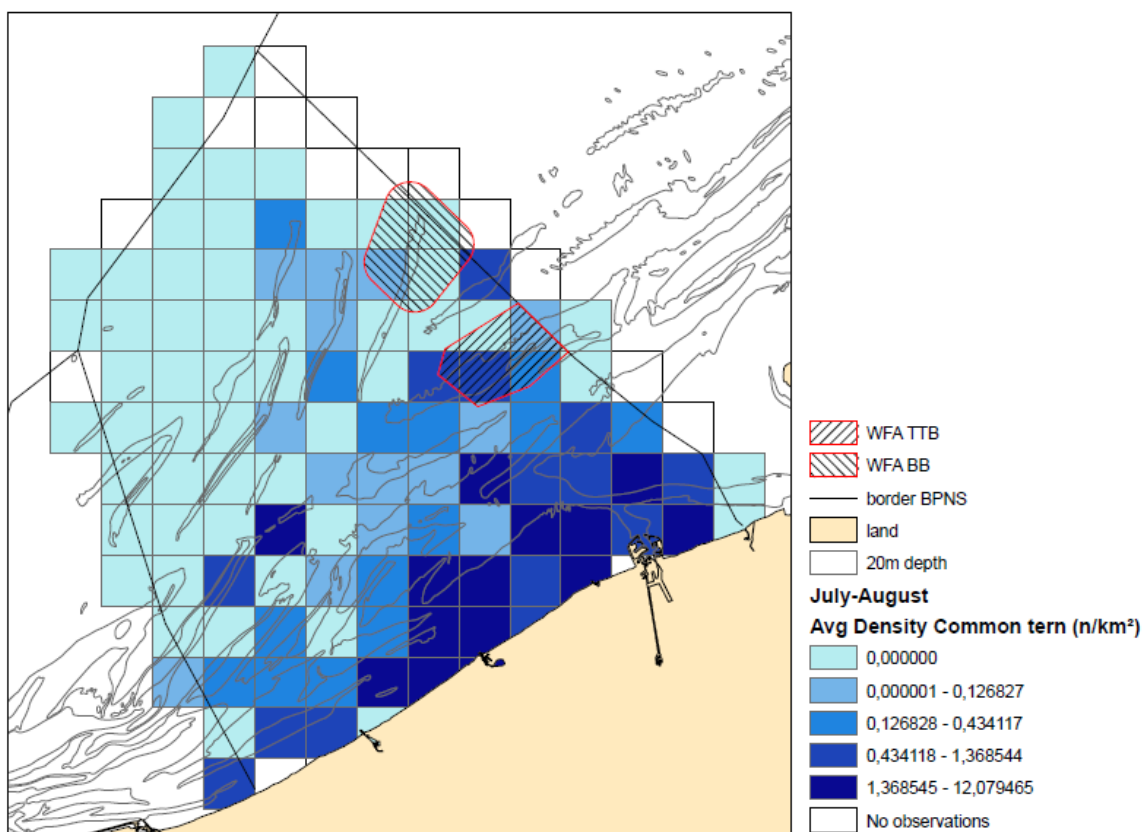
In de vroege lente komt Visdief verspreid over het BDNZ voor, met hoge densiteiten ter hoogte van de haven van Zeebrugge en Oostende. Tijdens het broedseizoen komen Visdieven vooral in de kustzone voor en meer specifiek ter hoogte van de broedkolonie op het sternenschiereiland te Zeebrugge. Tijdens het broedseizoen is de Thorntonbank van geen enkel belang voor Visdief. Op het eind van de zomer, bij aanvang van de zuidelijke migratie, komen er wel opnieuw Visdieven voor op de Thorntonbank.



Figuur 4.6.21 : Verdeling van Visdief gedurende migratie in de lente (maart-april)



Figuur 4.6.22 : Verdeling van Visdief gedurende broedseizoen (mei-juni)



Figuur 4.6.23 : Verdeling van Visdief gedurende de zomerperiode (juli-augustus)

4.6.4.3 Autonome ontwikkeling

Bij het niet installeren van het North Sea Power windpark mag er verondersteld worden dat de ornithologische waarde van de site nagenoeg gelijk zal blijven. Behalve bestaande (semi)-natuurlijke fluctuaties in het zeevogelbestand (bijvoorbeeld door veranderingen in de voedselbeschikbaarheid, of door verschuivingen van overwinteringsgebieden) zijn er geen aanwijzingen dat er momenteel belangrijke wijzigingen zouden plaatsvinden.

Veranderingen in de verspreiding van zeevogels als het gevolg van de opwarming van de aarde zullen niet op korte termijn meetbaar zijn en zullen diensgevolge ook niet interfereren met een toekomstige monitoring van zeevogels in het projectgebied.

4.6.4.4 Effectbespreking

4.6.4.4.1 Constructiefase

Gedurende de bouwphase is het belangrijkste effect op avifauna de verstoring door de productie van geluid en trillingen, het kabelleggen en de toegenomen scheepvaart. In het MER worden drie funderingswijzen in beschouwing genomen: monopile, jacket fundering en de gravitaire fundering. Daarnaast worden ook drie configuraties beschouwd, afhankelijk van de grootte van de windturbine en gekoppeld aan een bepaald type(s) van fundering.

Verstoring door sedimentatie

Reeds bij de bespreking van de benthosgemeenschappen op het BDNZ werd vermeld dat de baggeractiviteiten nodig voor het plaatsen van de windturbines, de funderingen én het storten van het uitgebaggerde zand (gravitair) voor een verhoogde sedimentatie en turbiditeit in de onmiddellijke omgeving van de werken zullen zorgen en dat hierdoor de zichtbaarheid van jagende soorten zoals stern en verhoinderd kan worden (zie 4.6.1.4.1). Analoo als voor het benthos, kan worden gesteld dat het effect het grootst zal zijn bij keuze voor configuratiealternatief 3b (gravitaire fundering), maar dat gezien de natuurlijke hoge inputs van gesuspendeerd materiaal ten gevolge van getijden- en golfwerking (zeer dynamisch systeem) in het BDNZ de soorten reeds aangepast zijn aan het jagen in van nature troebel water. Het effect is bovendien slechts tijdelijk van aard. Bijgevolg worden er ten aanzien van de oogjagende zeevogels geen significant negatieve effecten verwacht. Het effect wordt als gering negatief (0/-) beoordeeld.

Voor de andere North Sea configuratiealternatieven bestaande uit monopile of jacket funderingen, zal de vertroebeling van de waterkolom minder groot zijn. Als besluit kan er gesteld worden dat er geen betekenisvol onderscheidend effect is tussen de verschillende type(s) funderingen.

Barrièrewerking, geluidsverstoring en trillingen

Tijdens de bouwwerkzaamheden kan er een barrièrewerking optreden ten opzichte van de migrerende vogels. Deze barrièrewerking zal voornamelijk het gevolg zijn van de geluidsproductie ter hoogte van het concessiegebied en de aanwezigheid van de schepen. Tevens kunnen in de non-operationele fase al aanvaringen plaatsvinden met de masten, hoewel de kans op aanvaringen opmerkelijk kleiner wordt ingeschat als in de operationele fase.

Door Leopold & Camphuysen (2007) werd onderzoek uitgevoerd naar de effecten van het onderwatergeluid op vogels veroorzaakt door het heien van de turbinepalen bij de aanleg van een windpark op acht zeemijl ten noordwesten van IJmuiden (Nederland). Een aantal preventieve maatregelen (inzet van pingers voor het afschrikken van duikende vogels en zeezoogdieren, een 'ramp-up' procedure) werden toegepast, maar het onderzoek vond plaats in een periode met zeer weinig duikende vogels, die als meest kwetsbaar beschouwd worden in het gebied. Leopold & Camphuysen (2007) besluit op basis van hun waarnemingen dat er geen negatieve effecten (0) zijn vastgesteld op duikende vogels, die als meest kwetsbaar kunnen beschouwd worden.

De effecten tijdens de constructiefase bleken in Denemarken soortspecifiek te zijn: alkachtigen vermeden de zone, terwijl Zilvermeeuw aangetrokken werd door de scheepvaartactiviteit en de mogelijkheid om te zitten op de constructies in aanbouw (Christensen *et al.*, 2003; Petersen *et al.*, 2006). Verstoringgevoelige soorten (vb. Roodkeelduiker, Zwarte Zee-eend, Fuut, Zeekoet, Alk) kunnen bijgevolg tijdelijk het gebied mijden; meeuwen en stern en daarentegen kunnen aangetrokken worden door de werkzaamheden door het tijdelijk beschikbaar komen van voedsel (door het omwoelen van bodem en verhoogde scheepsactiviteit) (Stienen *et al.*, 2002; Vanermen *et al.*, 2006).

De omgeving van de Thorntonbank waar het windpark wordt gebouwd, vormt geen concentratiegebied voor de verstoringgevoelige soorten zoals Roodkeelduiker en Zwarte Zee-eend. Fuut werd tijdens de monitoringsperiode van 2005-2007 niet waargenomen ter hoogte van de Thorntonbank. Wat Zeekoet en Alk

betreft, worden er ter hoogte van de Thorntonbank wel grote densiteiten waargenomen, voornamelijk tijdens de winter en herfstperiode. Toch is de Thorntonbank niet van bijzonder belang voor deze soorten (Vanermen & Stienen, 2009), waardoor er algemeen gezien geen significant negatieve effecten verwacht ten aanzien van de verstoringsgevoelige soorten. Bijkomend kan er aangehaald worden dat de werkzaamheden hoofdzakelijk zullen uitgevoerd worden in de periode van april tot oktober, al blijkt op basis van de ervaringen bij de bouw van de andere windparken op het BDNZ dat er ook kan gewerkt worden in de winterperiode bij koud maar heldere, kalme weersomstandigheden.

Besluit

Het effect van de bouw van een windpark ten zuidoosten van de Thorntonbank op avifauna wordt als gering negatief (0/-) beoordeeld, omwille van de volgende aspecten:

- Ter hoogte van de projectzone komen voornamelijk niet-verstoringsgevoelige vogelsoorten voor;
- De verstoring is slechts tijdelijk van aard;
- De omvang van de verstoring is slechts beperkt in vergelijking met het ganse BDNZ.

Vanuit de beoordeling van de effecten op avifauna wordt er geen groot onderscheidend effect verwacht tussen de verschillende North Sea configuratiealternatieven.

4.6.4.4.2 Exploitatiefase

Vogels kunnen op twee manieren hinder ondervinden van windturbines. In de eerste plaats kunnen zij met delen van de turbines (voornamelijk de rotorbladen) in aanvaring komen en daarbij gedood worden of gewond raken (aanvaringsaspect). Daarnaast kunnen vogels door de turbines worden verstoord (verstoringsaspect), waarbij onderscheid gemaakt moet worden tussen 1) directe effecten in de vorm van verlies aan geschikte broed-, foerageer- of rustgebieden door direct ruimtebeslag of beperking van de vliegroutes van de vogels en 2) indirecte effecten door verstoring door de aanwezigheid, de beweging of het geluid van de turbines (Stienen *et al.*, 2002).

Aanvaringsaspect

Vogels botsen vrijwel uitsluitend 's nachts, in de schemering en bij slechte zichtomstandigheden (mist, harde wind, nevel, regen) tegen windturbines (Stienen *et al.*, 2002). Het aanvaringsrisico is over het algemeen gerelateerd aan het aantal aanwezige (vliegende) vogels, terwijl de grootte van de turbines minder belangrijk lijkt (Everaert & Stienen, 2006). De aanvaringskans zal dus het grootst zijn op plaatsen waar veel vogels op windturbinehoogte passeren (Stienen *et al.*, 2002).

De resultaten van het onderzoek in de offshore windparken (Horns Rev, Yttre Stengrund, Utgrunden, Tømø Knob, Blyth Harbour) hebben geen onaanvaardbare effecten aangetoond. Daar waar vogelmortaliteit vastgesteld werd, blijven de omstandigheden en de omvang van de mortaliteit onduidelijk wegens gebrek aan langetermijn ervaring.

Verder tonen radarstudies bij Horns Rev en Nysted (Denemarken) aan dat veel zeevogels die een windpark binnenvliegen, zich heroriënteren en lager gaan vliegen, onder de rotorhoogte en tussen de windturbinerijen door, wat het aanvaringsrisico doet dalen (Petersen *et al.*, 2006).

Maar zelfs in de veronderstelling dat een windpark resulteert in lage dodelijke aanvaringen, dan nog kan die bijkomende mortaliteit significant zijn voor langlevende soorten met een lage productiviteit en een lage maturiteitssnelheid, vooral wanneer speciale beschermingssoorten beïnvloed worden. In dergelijke gevallen kunnen windparken significante effecten hebben op populatieniveau (lokaal, regionaal of nationaal), in het bijzonder in situaties waar cumulatieve mortaliteit plaatsvindt als resultaat van meerdere windparken samen (Drewitt & Langston, 2006).

Naast aanvaringsslachtoffers van zeevogels, kunnen er niet-zeevogels tijdens hun trekperiode tot obstakels op zee aangetrokken voelen. Vooral tijdens slechte weersomstandigheden kunnen zij proberen neer te strijken ('falls') binnen een windpark (Hüppop *et al.*, 2006). Tijdens dergelijke 'falls' is het mogelijk dat er zeer veel aanvaringsslachtoffers vallen, al vormt dit op basis van de beschikbare gegevens op dit moment nog steeds een leemte in de kennis. Het voorziene radaronderzoek (zie verder) zal hierover meer informatie kunnen verschaffen.

In het onderzoek van Vanermen & Stienen (2009) werd een inschatting gemaakt van het te verwachten aantal aanvaringsslachtoffers ter hoogte van het windpark op de Thorntonbank (C-Power). Vanermen & Stienen (2009) onderzochten tevens het verschil in densiteit voor 10 zeevogelsoorten binnen de impactzone van het windpark op de Thorntonbank en een controlezone in de omgeving ervan, in de periode 2005-2007 (voor de bouw van de windturbines) en in 2008 bij aanwezigheid van de eerste 6 windturbines. De resultaten van hun onderzoek kunnen als volgt samengevat worden en kunnen als richtwaarden gebruikt worden voor het projectgebied van Norther:

Zoals hiervoor reeds gesteld, hangt het aantal aanvaringsslachtoffers sterk af van:

- Het aantal vliegbewegingen (flux) ter hoogte van het windpark;
- Het aantal vogels dat op hoogte van de rotor vliegt, wat sterk soortafhankelijk is.

Tijdens de monitoring, uitgevoerd in de periode 2005-2008, werden de vlieghoogtes van de vogels, in detail onderzocht. In Tabel 4.6.14 wordt per soort het procentueel aantal zeevogels dat op rotorhoogte werd waargenomen weergegeven. De rotordraaihoogte die hier in beschouwing is genomen, is een hoogte tussen de 31 en 157 m. D.w.z. dat onderstaande vaststellingen kunnen gebruikt worden voor de 6,15 MW, maar minder geschikt zijn voor de 7,5-10 MW, aangezien de rotorhoogte hier tot ca. 172 m reiken bij een gemiddelde waterdiepte van ca. 20 m.

Tabel 4.6.14 : Procentueel aantal zeevogels dat op rotorhoogte vliegt (periode 2005-2008)

Soort	Aantal	% vogels dat vliegt op rotor hoogte
Fuut	78	0,0 %
Noordse stormvogel	1251	0,0 %
Zwarte zee-eend	801	0,0 %
Zeekoet	280	0,0 %
Alk	59	0,0 %
Visdief*	3166	0,4 %

Soort	Aantal	% vogels dat vliegt op rotor hoogte
Grote stern*	1318	1,1 %
Dwergmeeuw*	973	1,3 %
Roodkeelduiker	239	2,5 %
Drieteenmeeuw	2682	4,5 %
Kokmeeuw	1314	5,0 %
Jan-Van-Gent	2064	5,7 %
Grote jager	133	7,5 %
Stormmeeuw	2135	7,9 %
Zilvermeeuw	1903	14,5 %
Kleine mantelmeeuw	8044	16,7 %
Grote mantelmeeuw	1482	17,1 %

*: Bijlage I soort van de Vogelrichtlijn

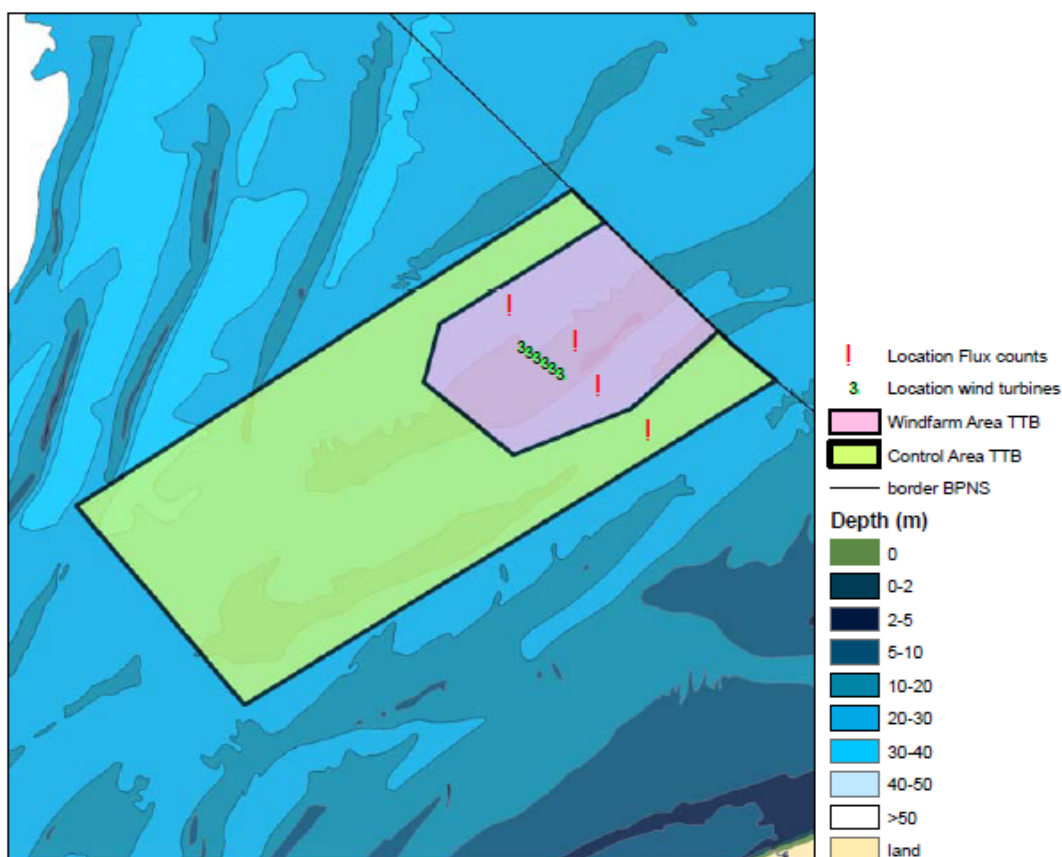
De conclusies op basis van het monitoringsonderzoek van Vanermen & Stienen (2009) zijn grotendeels gelijkaardig aan hetgeen reeds verondersteld werd in Vanermen *et al.* (2006):

- Een aantal soorten werd nooit boven de 31 m en bijgevolg ook nooit op rotorhoogte waargenomen. Het betreft Fuut, Noordse stormvogel, Zwarte zee-eend, Zeekoet en Alk.
- Boven de 31 m en ter hoogte van de rotor komen voornamelijk grote meeuwensoorten voor zoals Zilvermeeuw, Kleine mantelmeeuw en in mindere mate Grote mantelmeeuw;
- Stormmeeuw, Jan-van-Gent en Drieteenmeeuw werden waargenomen tot 50 m boven het wateroppervlak. Bijkomend werden enkele sporadische waarnemingen van Jan-van-Gent en Drieteenmeeuw geregistreerd respectievelijk tussen de 110 en 120 m en tussen de 60 en 70 m.
- Veldobservaties tonen tevens aan dat er een dagelijkse variatie bestaat in het aantal vogels dat per dag ter hoogte van de rotor vliegt, afhankelijk van ondermeer de weersomstandigheden. Vooral bij helder en zonnig weer worden deze soorten op een hoogte van meer dan 31 m waargenomen.

A. Configuratiealternatieven Norther

De windturbines van C-Power en Norther (3,6 en 6,15 MW – scenario 1 en 2) liggen in dezelfde grootteorde voor wat betreft hun rotordraaihoogte. Voor beide types windturbines kunnen de conclusies m.b.t. vlieghoogtes in relatie tot het aanvaringsrisico dus ook gebruikt worden voor voorliggend MER. Voor de 10 MW kan de maximale rotordraaihoogte afhankelijk van de locale factoren (o.a. aanwezigheid van zandduinen) 10 tot 20 m hoger zijn dan voor de andere typen. Op basis van de frequentie distributies voor bovenvermelde soorten voor de verschillende vlieghoogtes, opgesteld door Vanermen & Stienen (2009), kan er echter vastgesteld worden dat de meeste soorten, met uitzondering van Kleine mantelmeeuw en Zilvermeeuw niet boven de 70 m vliegen. De conclusies voor de windturbines van C-Power en de windturbines in scenario 1 en 2 van Norther kunnen bijgevolg ook gebruikt worden voor de 10 MW windturbine van Norther (scenario 3). Vanermen & Stienen (2009) bepaalden tevens de vogelflux ter hoogte van de windparkzone op de Thorntonbank gedurende twee trekperiodes in 2008 (april-mei en september-

oktober). In tegenstelling tot de algemene vogeltellingen werden deze fluxtellingen uitgevoerd vanaf een stilliggend schip. Vanaf 4 vastliggende locaties werden alle vogels die de imaginaire lijn noordwest / zuidoost volgden geteld. Op basis van Figuur 4.6.24 kan er afgeleid worden dat de twee meest zuidelijk gelegen locaties ter hoogte van het North Sea Power windpark gesitueerd zijn. Deze fluxtellingen kunnen bijgevolg zeker bijdragen tot de effectbeschrijving van mogelijke aanvaringen ter hoogte van het North Sea Power windpark.



Figuur 4.6.24 : Locaties voor flux tellingen (Vanermen & Stienen, 2009)

Vanermen & Stienen (2009) bepaalden bijgevolg op basis van de hoogtewaarnemingen en de vogelflux voor een reeks van 9 soorten de kans op aanvaring ter hoogte van de windzone op de Thorntonbank (roze zone op Figuur 4.6.24). Per soort is een procentueel aanvaringsrisico bepaald. Voor een gedetailleerde beschrijving en de achterliggende informatie voor de bepaling van dit aanvaringsrisico per soort wordt verwezen naar Vanermen & Stienen (2009). De besluiten van dit onderzoek luiden als volgt:

- Alkachtigen werden nooit waargenomen ter hoogte van de windparkzone, waardoor het aanvaringsrisico logischerwijs nul bedraagt.
- Het aanvaringsrisico van de Bijlage I soorten Grote stern en Visdief wordt als zeer laag (0,0010 of 1/100.000) ingeschat, mede door hun kleine omvang, algemeen lage vlieghoogte en hoge vermijdingsgedrag.

- Het aanvaringsrisico van Dwergmeeuw, die eveneens een Bijlage I soort betreft, wordt als veel hoger ingeschat, namelijk 1/7000.
- Voor Drieteenmeeuw, Jan-Van-Gent, Grote jager en Stormmeeuw wordt een aanvaringsrisico tussen de 1/2000 en 1/1100 verwacht, wat als matig gevoelig kan beschouwd worden. Het aantal slachtoffers ligt hier op 1 tot 10 slachtoffers per 10.000 vluchtbewegingen.
- De grote meeuwen zijn het meest gevoelig voor aanvaring met de windturbines, waarbij het aantal aanvaringen op 2 t.o.v. 1000 vliegbewegingen wordt ingeschat. Het feit dat grote meeuwen zo gevoelig zijn hangt samen met hun groot formaat en lage wendbaarheid (Vanermen *et al.*, 2006).

Tabel 4.6.15: Verwacht aanvaringsrisico voor negen soorten(groepen) ter hoogte van de windparkzone op de Thorntonbank (Vanermen & Stienen, 2009)

Soort	Aanvaringsrisico (%)	Aanvaringsrisico
Alkachtigen	0.0000	-
Grote stern*	0.0010	1/100.000
Visdief*	0.0010	1/100.000
Dwergmeeuw*	0.0141	1/7.000
Drieteenmeeuw	0.0511	1/2.000
Jan-Van-Gent	0.0668	1/1.500
Grote jager	0.0717	1/1.400
Stormmeeuw	0.0883	1/1.100
Grote meeuwensoorten (o.a. Zilvermeeuw, Grote en Kleine mantelmeeuw)	0.2153	1/500

*: Bijlage I soort van de Vogelrichtlijn

Baserend op het verwachte aanvaringsrisico in combinatie met de flux van de vogelsoorten die ter hoogte van de Thorntonbank voorkomen, werd tevens het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers bepaald tijdens de lente en tijdens de herfst. Hierbij dient wel opgemerkt dat dit slechts 'voorlopige' resultaten zijn, gebaseerd op een eerder beperkt onderzoek. Echter tonen deze cijfers wel aan dat er verwacht kan worden dat het aantal slachtoffers van de Bijlage I soorten eerder beperkt zal zijn. De berekeningen geven wel duidelijk aan dat er een groot aantal slachtoffers verwacht wordt onder de grote meeuwensoorten en de Stormmeeuwen. Volgens Vanermen & Stienen (2009) kunnen de fluxen van de grote meeuwen misschien overschat zijn, maar het voorziene radaronderzoek²⁷ zal hier meer duidelijkheid kunnen over geven. Sowieso zal het radaronderzoek wel moeten aangevuld worden met visuele waarnemingen van op het OHVS of nog beter van op de windturbines zelf. De radarstudie moet tevens meer inzicht geven over de vermijdingsreacties van de vogels t.o.v. de windturbines.

²⁷ In opdracht van BMM zal er voor de reeds aanwezige windturbineparken een automatisch radaronderzoek worden uitgevoerd. Dit radarsysteem heeft tot doel de flux, vlieghoogte en het ontwijkgedrag van vogels in kaart te brengen, in functie van de tijd, de plaats en de hoogte. Het INBO zal dit radaronderzoek bijstaan door simultaan visuele waarnemingen te verrichten en zo bij te dragen tot de calibratie van het systeem (Vanermen *et al.*, 2009). De resultaten van dit onderzoek zijn echter nog niet voorhanden.

Tabel 4.6.16 : Verwacht aantal aanvaringsslachtoffers in het toekomstig windpark op de Thorntonbank (C-Power) (Vanermen & Stienen, 2009)

Soort	Aanvaringsrisico (%)	Lente flux (aantal individuen/april-mei)	Herfst flux (aantal individuen/sept-okt)	Aantal slachtoffers (lente)	Aantal slachtoffers (herfst)
Alkachtigen	0.0000	0	0	0.0	0.0
Grote stern*	0.0010	23.760	0	0.2	0.0
Visdief*	0.0010	23.760	4.320	0.2	0.0
Dwergmeeuw*	0.0141	19.440	0	2.7	0.0
Drieteenmeeuw	0.0511	4.320	10.080	3.1	7.2
Jan-Van-Gent	0.0668	0	30.240	0.0	26.7
Grote jager	0.0717	4.320	62.640	2.2	32.0
Stormmeeuw	0.0883	12.240	136.080	8.2	90.9
Grote meeuwensoorten (o.a. Zilvermeeuw, Grote en Kleine mantelmeeuw)	0.2153	799.200	691.200	1720.5	1488.0

Onmiddellijk dient opgemerkt te worden dat deze resultaten zeker geen volledig beeld geven van de impact van de aanwezigheid van windturbines op de aanwezige vogelpopulaties omwille van de volgende redenen:

- Sowieso zijn er jaarlijks en seizoenaal heel grote natuurlijke schommelingen mogelijk binnen de vogelpopulaties.
- Op het moment van de monitoring waren er nog maar 6 windturbines aanwezig, waarvan slechts 2 in werking.

Een langdurige monitoring is bijgevolg noodzakelijk om duidelijke conclusies te kunnen trekken. Toch geven zij op dit moment het beste beeld van het verwachte aanvaringsrisico op basis van gebiedsspecifieke terreinkennis inzake vogelflux en vlieghoogte in deze zone van de Noordzee.

Er kan aangenomen worden dat het aantal aanvaringsslachtoffers van het North Sea Power windpark voor configuratie 1 en 2 in dezelfde grootteorde zal liggen als dat van C-Power, aangezien beide windparken relatief dicht bij elkaar gelegen zijn, de hoogte van de windturbines in dezelfde grootteorde liggen en de windturbines van beide parken gelijkaardig georiënteerd zijn t.o.v. van de vliegbewegingen van de vogels. Voor configuratie 3, waarbij de rotordiameter 150 m zal bedragen, is het aantal aanvaringsslachtoffers moeilijker in te schatten, omdat er nog geen ervaringsgegevens voorhanden zijn voor dat type windturbine. Op basis van de waarnemingen van de vlieghoogtes van zes veel voorkomende zeevogels door Vanermen & Stienen (2009) (Figuur 4.6.25) kan er verwacht worden dat het aantal aanvaringen bij configuratie 3 kleiner zal zijn dan bij de configuraties 1 en 2. De rotor-draai-hoogte²⁸ voor configuratie 1 respectievelijk configuratie 2 situeert zich tussen de 22 en 142 m en 30 en 160 m boven het wateroppervlak. Voor configuratie 3 ligt de rotor-draai-hoogte tussen de 42 en 192 m boven het wateroppervlak. Op basis van de frequentie distributies

²⁸ Rotor-draai-hoogte "rotor sweep area": zone boven het wateroppervlak vanaf de onderste tip van de rotor tot de bovenste tip van de rotor, m.a.w. de zone waar de vogels in aanvaring kunnen komen met de rotor

van de vlieghoogtes van Jan-van-Gent, Stormmeeuw, Kleine mantelmeeuw, Zilvermeeuw, Grote mantelmeeuw en Drieteenmeeuw (Figuur 4.6.25) blijkt duidelijk dat het aantal vogels dat boven de 40 m boven het wateroppervlak wordt waargenomen veel kleiner is dan in de zone tussen de 20 en 40 m (configuraties 1 en 2). Vooral voor Grote mantelmeeuw, Stormmeeuw en Jan-van-Gent is er een duidelijke afname van het aantal waargenomen individuen boven de 40 m. Op basis van deze observaties kan er verwacht worden dat het aantal aanvaringsslachtoffers voor configuraties 1 en 2 groter zal zijn dan voor configuratie 3.

Daarnaast kan er verwacht worden dat het aantal aanvaringsslachtoffers voor een windpark in open zee recht evenredig is met het aantal windturbines. Dichtbij een broedkolonie, zoals bijvoorbeeld ter hoogte van het sternenschiereiland te Zeebrugge, hangt het aantal aanvaringsslachtoffers per windturbine soms af van de ligging van de windturbine t.o.v. de broedkolonie. Voor een offshore windpark kan er verwacht worden dat dit minder speelt. Op basis van deze en bovenvermelde redenering wordt voor het North Sea Power windpark voorkeur gegeven aan configuratie 3, waarbij 47 windturbines voorzien worden en het verwachte aantal aanvaringsslachtoffers het laagst zal zijn. In de andere twee configuraties worden respectievelijk 86 (configuratie 1) en 74 (configuratie 2) windturbines voorzien. Voor de verschillende funderingsalternatieven, is er vanuit het aspect aanvaring geen verschil naar effecten toe.

B. Basisscenario

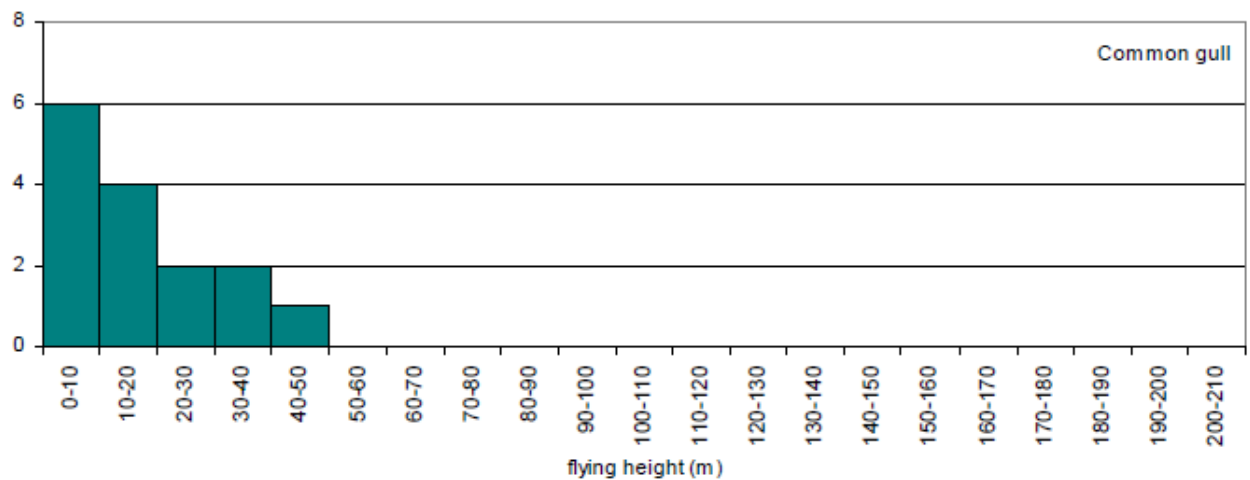
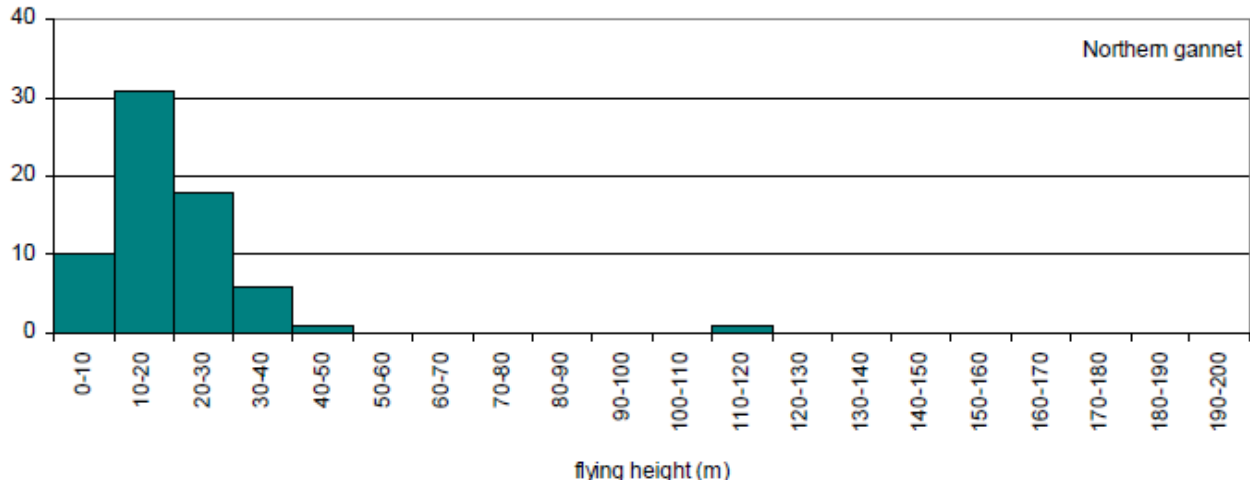
Wat het aanvaringsrisico voor het basisscenario (C-Power**+Belwind**+Norther) betreft, kan het volgende gesteld worden.

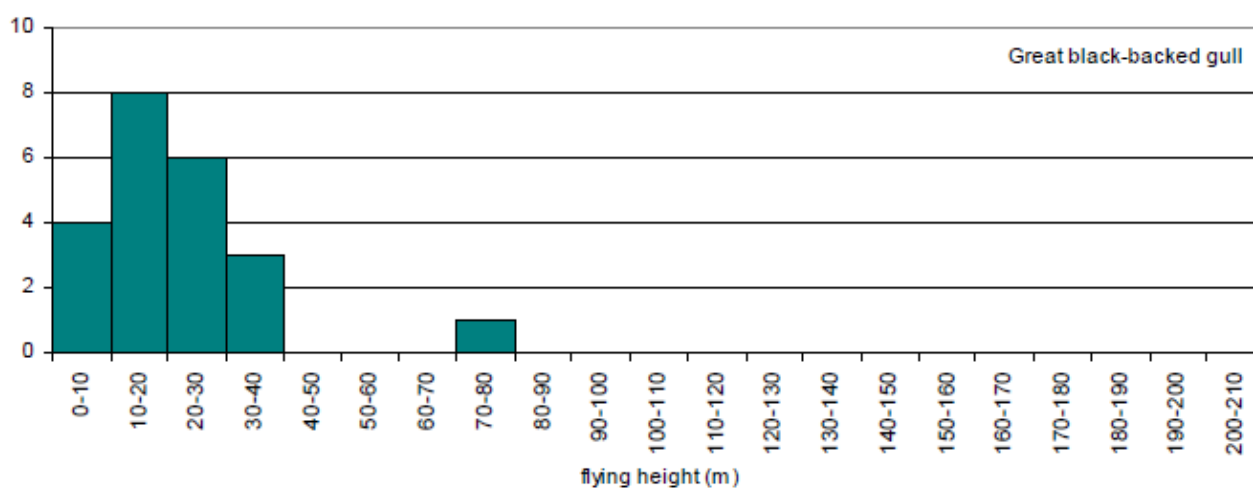
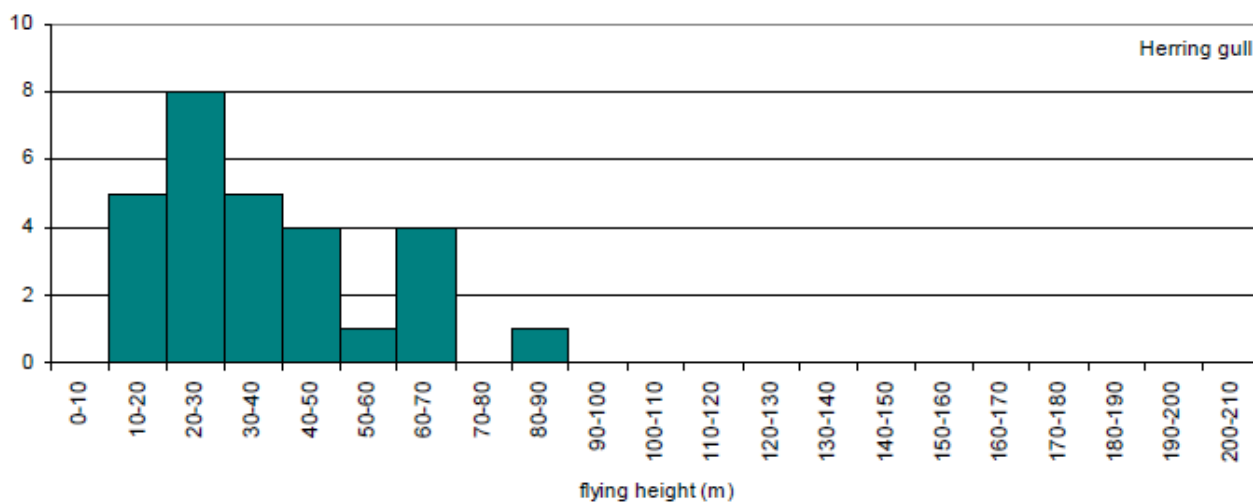
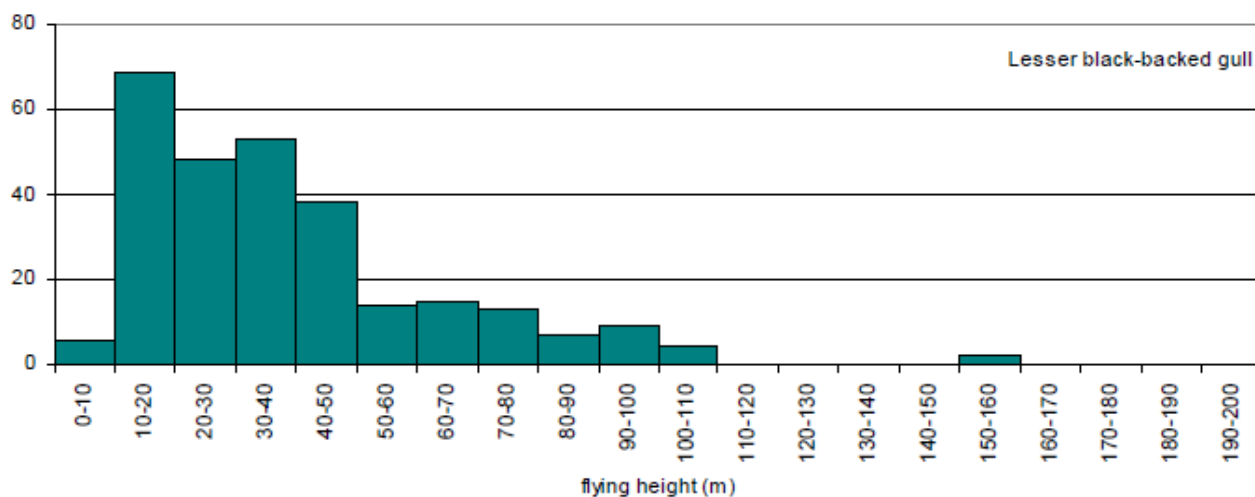
Voor het windpark van Belwind** (55 MP) op de Bligh Bank werd door Vanermen & Stienen (2009) het belang van de windparkzone voor avifauna bepaald. De Bligh Bank is van geen enkel belang voor Roodkeelduiker, Fuut, Noordse stormvogel, Zwarte zee-eend, Stormmeeuw, Zilvermeeuw, Grote mantelmeeuw, Grote stern, Visdief en Alk. Voor Jan-Van-Gent, Kleine mantelmeeuw, Drieteenmeeuw, Zeekoet is de Bligh Bank eveneens niet van groot belang, niettegenstaande er toch hoge densiteiten van deze soorten kunnen waargenomen worden. Voor Grote jager en Dwergmeeuw vormt de Bligh Bank waarschijnlijk wel een belangrijke waarde. Bijkomende monitoring is echter noodzakelijk om dit vermoeden te bevestigen. In het recente monitoringsrapport van Vanermen & Stienen (2009) werd het verwacht aantal aanvaringsslachtoffers en aanvaringsrisico per soort gelinkt aan hun voorkomen ter hoogte van de windparkzone van Belwind nog niet bepaald. Verdere monitoring is bijgevolg vereist.

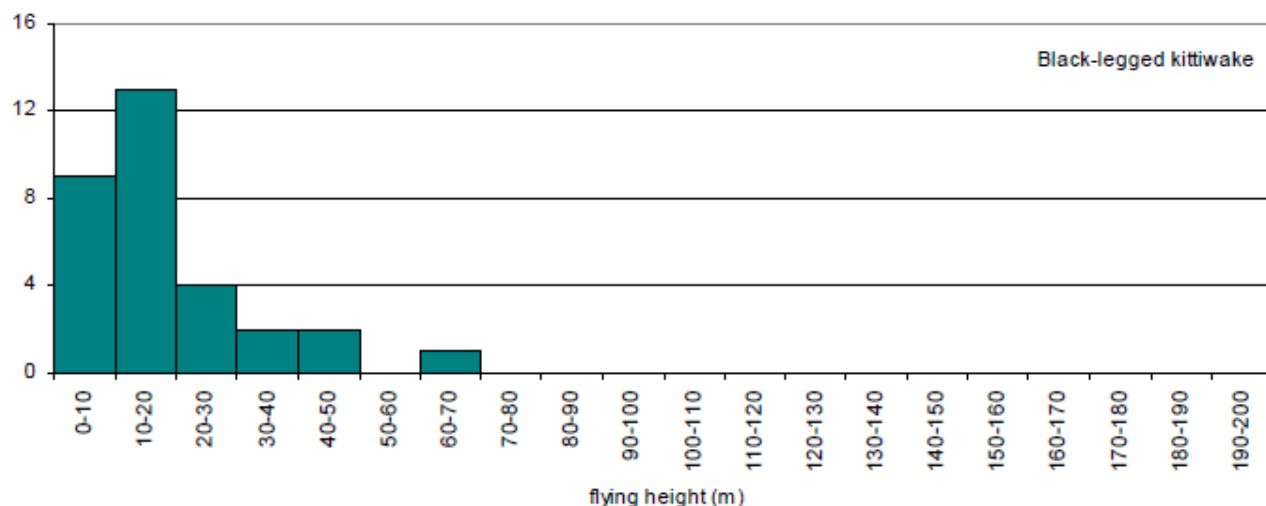
Voor C-Power** (6 GBF) en Norther kan er op basis van de beschikbare gegevens verwacht worden dat ter hoogte van de windparken van C-Power en Norther het grootste aantal aanvaringsslachtoffers zullen vallen bij de grote meeuwen (Grote mantelmeeuw, Kleine mantelmeeuw, Zilvermeeuw) en de stormmeeuwen. De effecten op de Bijlage I soorten worden eerder als gering negatief (0/-) beoordeeld, omwille van hun eerder geringe voorkomen ter hoogte van deze windparken. Aangezien er ter hoogte van de Thorntonbank zo goed als geen alkachtigen (Alk en Zeekoet) werden waargenomen, wordt het effect als gevolg van aanvaring op deze soorten als nihil ingeschat. Ook voor het windpark op de Bligh Bank worden geen effecten verwacht ten aanzien van Alk en Zeekoet omdat zij meestal niet op rotorhoogte vliegen. De effecten op Fuut, Noordse

stormvogel en Zwarte zee-eend worden ook als gering beoordeeld, omdat zij nooit ter hoogte van de rotor werden waargenomen.

In welke mate de aanvaringen met de windturbines effectief een invloed zullen hebben op populatieniveau is op basis van de huidige literatuurgegevens nog niet te bepalen (0/-?). In de toekomstige monitoringsprogramma's moet hier bijgevolg de nodige aandacht naar uitgaan. Ook het aanvaringseffect voor de 10 MW type windturbine dient onderzocht te worden.







Figuur 4.6.25 : Frequentie distributies van de vlieghoogte van Jan-van-Gent (Northern gannet), Stormmeeuw (Common gull), Kleine mantelmeeuw (Lesser black-backed gull), Zilvermeeuw (Herring gull), Grote mantelmeeuw (Great black-backed gull) en Drieteenmeeuw (Black legged kittiwake) (Vanermen & Stienen, 2009)

Verstoringsaspect

Habitatverlies en barrière-effect

Jaarlijks migreren naar schatting 1 tot 1,3 miljoen zeevogels door de Zuidelijke Noordzee (Stienen *et al.*, 2007). In de Zuidelijke Noordzee, en in het bijzonder ter hoogte van de Belgische kustzone, worden alle migrerende vogels door dezelfde flessenhals gestuwd en vormt dit een erg belangrijke corridor voor migrerende zeevogels en niet-zeevogels (Lensink *et al.*, 2002; Vanermen *et al.*, 2006). Hierbij is het bekend dat vogeltrek zowel overdag als 's nachts plaatsvindt, al is de dagritmiek sterk soortafhankelijk. Kleine insectenetters trekken vrijwel uitsluitend 's nachts; gorzen en zwaluwen doen dit voornamelijk overdag (Lensink *et al.*, 2002; Vanermen *et al.*, 2006).

Resultaten van radarstudies ter hoogte van Horns Rev (Denemarken) geven aan dat vogels hun vliegrichting aanpassen wanneer ze in de buurt komen van de offshore windparken. In Horns Rev ontweek 71 tot 86 % van de vogels het park als ze op een afstand van 1,5 tot 2 km waren, om dan tot meer dan vijf km rond de buitenkant het park te vliegen. In Nysted was dit 78 %. 's Nachts gebeurt de wijziging van hun vliegrichting dichter bij het park (0,5 km) dan overdag, maar de ontwijkingspercentages zijn even hoog. Er is dus sprake van een barrière-effect van offshore windparken op migrerende vogels (Petersen *et al.*, 2006). Dit aanpassen van de vliegrichting om het windpark te vermijden betekent een negatief effect op de avifauna. Het barrière-effect impliceert immers dat de migrerende vogels een langere weg moeten afleggen, wat zorgt voor een verhoogde energieconsumptie.

Door inplanting van windparken kan er bijgevolg een vorm van habitatverlies optreden omdat zeevogels de windparken moeten vermijden. De meest verstoringgevoelige soorten zoals Alk, Zeekoet en duikers mijden volgens Petersen *et al.* (2006) windparken volledig. Het recente monitoringsonderzoek van Leopold *et al.* (2010) ter hoogte van het OWEZ windpark in Nederland stelde echter vast dat duikers, Alk en Zeekoet toch geen 100 % vermijding vertonen; sommigen zwommen tussen de windturbines en konden er soms in grote aantallen voorkomen.

Vanermen & Stienen (2009) onderzochten eveneens de densiteit van enkele zeevogels vóór en na de bouw van de eerste 6 windturbines op de Thorntonbank. Voor de visualisaties van deze vergelijking wordt verwezen naar Vanermen & Stienen (2009). Op basis van de waarnemingen waren er voor alle onderzochte soorten, met uitzondering van Grote stern, grote verschillen in densiteit in de periode 2005-2007 en 2008. Echter voor Dwergmeeuw, Zeekoet en Alk wordt er verwacht dat deze veranderingen in densiteit eerder op een grotere schaal hebben plaatsgevonden dan gerelateerd aan de aanwezigheid van de reeds aanwezige windturbines, aangezien gelijkaardige veranderingen zijn vastgesteld in de controlezones. Voor Jan-Van-Gent werd een halvering van het aantal individuen vastgesteld in de windparkzone, wat niet vastgesteld werd in de controlezone. Toekomstige monitoring moet duidelijkheid scheppen of deze sterke afname inderdaad gelinkt is aan de aanwezigheid van de windturbines. Voor Visdief werd een sterke verhoging van de densiteit vastgesteld binnen de windparkzone. Aangezien dit enkel gebaseerd is op één waarneming, moet dit met enige voorzichtigheid worden bekeken. Voor Grote stern was de densiteit ongeveer gelijk gebleven. Op basis van het onderzoek van Vanermen & Stienen (2009) is het bijgevolg zeer moeilijk om nu reeds conclusies te trekken over vermijdingsgedrag t.o.v. het windpark op de Thorntonbank. Mede door het feit dat het onderzoek plaatsvond bij aanwezigheid van slechts 6 windturbines. Het enige wat hieruit besloten kan worden is dat verdere monitoring aangewezen is.

Als we er vanuit gaan dat alle soorten de windparkzone zouden vermijden, dan betekent voor soorten die verstoord worden door het North Sea Power windpark een habitatverlies van 1,6 % van het BDNZ (parkoppervlakte inclusief 500 m bufferzone). Voor het basisscenario (Belwind**+C-Power**+Norther), waarbij de volledige parkoppervlakte (incl. 500 m bufferzone) per windpark in beschouwing wordt genomen, wordt het habitatverlies ingeschat op ca. 4 % van het BDNZ. In hoeverre dit habitatverlies effectief een significant effect tot gevolg heeft op de volledige populatie van een bepaalde zeevogelsoort, kan op dit moment nog niet met duidelijkheid besloten worden. Het radaronderzoek moet hier tevens duidelijkheid over scheppen.

Voedselbeschikbaarheid

Tijdens de exploitatiefase zal er een visverbod gelden binnen het windpark. Door de inbreng van vreemde harde substraten, zoals funderingen en erosiebescherming, en door het wegvallen van de visvangst in deze zone, kan er een wijziging van de voedselbeschikbaarheid optreden. Er kunnen nieuwe benthosgemeenschappen ontstaan ter hoogte van de vreemde substraten en bij gebrek aan visvangst kan er een stijging in de aanwezigheid van vis optreden. Voor meer details wordt verwezen naar paragraaf 4.6.3.4.1 (Introductie harde substraten). Daarnaast kan een negatieve wijziging van de voedselbeschikbaarheid voor visetende vogels optreden door de aanwezigheid van een groter aantal prooivissen (Di Marcantonio *et al.*, 2009). Een stijging van de voedselbeschikbaarheid zou kunnen optreden door het wegvallen van de visvangst.

In Nederland werd vastgesteld dat Aalscholvers gericht vanuit de kolonie naar de windparken vliegen om daar de dag foeragerend en rustend door te brengen (Di Marcantonio *et al.*, 2009). Recente monitoringsresultaten van Leopold *et al.* (2010) geven inderdaad aan dat het aantal waargenomen Aalscholvers ter hoogte van het windpark OWEZ hoog was. Het windpark vormde een aantrekkingskracht

voor deze viseters. Volgens Leopold *et al.* (2010) gebruiken ze het windpark tevens als nieuw platform om van daaruit verder op zee te foerageren.

In Deense windparken in Nysted en Horns Rev werden er geen effecten waargenomen op visabundantie en -distributie (Di Marcantonio *et al.*, 2009).

Op basis van bovenstaande vaststellingen kan er nog geen duidelijke inschatting gemaakt worden naar de invloed van de aanwezige windparken op de voedselbeschikbaarheid voor visetende vogels. Monitoring is hier noodzakelijk.

4.6.4.4.3 *Ontmantelingsfase*

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase, met uitzondering van de geluidsproductie (geen heilactiviteiten meer), van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase en bijgevolg als gering negatief (0/-) kunnen beoordeeld worden.

4.6.4.4.4 *Bekabeling*

Voor het windpark worden 2 kabeltracés vooropgesteld; beiden met aanlanding te Zeebrugge (ten westen van de westelijke strekdam van de haven van Zeebrugge). Voor beide opties wordt de SBZ-V 3 Zeebrugge doorkruist. Het gericht marien reservaat 'Baai van Heist' en de SBZ-H Vlake van de Raan worden niet doorkruist.

Als gevolg van de aanleg van de kabels kan er een tijdelijke verstoring van de speciale beschermingszone (SBZ) verwacht worden. Deze verstoring zal het gevolg zijn van, enerzijds de aanwezigheid van de schepen die de kabel aanleggen en anderzijds de eigenlijk plaatsing van de kabels. Het leggen van de kabels zal een tijdelijke omwoeling van het sediment ter hoogte van de zone waar de kabel ingegraven wordt, tot gevolg hebben. Aangezien deze effecten tijdelijk en lokaal zullen zijn, worden er geen significante effecten (0/-) verwacht ten opzichte van de SBZ en de daaraan gebonden vogelsoorten. Tijdens de aanlandingswerkzaamheden van de kabel van C-Power in Oostende werden eveneens geen grote verstoringen vastgesteld (Di Marcantonio *et al.*, 2009).

De aanwezigheid van de kabels (exploitatiefase) zullen geen rechtstreekse effecten hebben op de zeevogels.

4.6.4.4.5 *Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op avifauna*

Zowel tijdens de bouwfase, het leggen van de kabels als de ontmantelingsfase worden er geen significant negatieve effecten verwacht op de aanwezige avifauna. De effecten tijdens deze tijdelijke werkzaamheden zullen vooral betrekking hebben op verstoring van het sediment, barrièrewerking en geluidsverstoring, maar zijn omwille van hun tijdelijk karakter en beperkte omvang als gering negatief te beoordelen. Dit besluit geldt voor alle scenario's en configuratiealternatieven.

Tijdens de exploitatiefase kunnen vogels op twee manieren hinder ondervinden van windturbines. In de eerste plaats kunnen zij met delen van de turbines (voornamelijk de rotorbladen) in aanvaring komen en daarbij gedood worden of gewond raken (aanvaringsaspect). Daarnaast kunnen vogels door de turbines

worden verstoord (verstoringaspect), waarbij onderscheid gemaakt moet worden tussen 1) directe effecten in de vorm van verlies aan geschikte broed-, foerageer- of rustgebieden door direct ruimtebeslag of beperking van de vliegroutes van de vogels en 2) indirecte effecten door verstoring door de aanwezigheid, de beweging of het geluid van de turbines (Stienen *et al.*, 2002).

Wat het aanvaringsaspect betreft, wordt dit effect vooral bepaald door de hoeveelheid vogels die er passeren (flux) en de vlieghoogte. Deze aspecten kunnen wel beïnvloed worden door de weersomstandigheden. Op basis van de reeds beschikbare monitoringsresultaten (Vanermen & Stienen, 2009) kan er verwacht worden dat vooral grote meeuwen (Grote mantelmeeuw, Kleine mantelmeeuw, Zilvermeeuw) (kans van 1/500) een grote kans op aanvaring vertonen door hun grootte en hun vlieghoogte. Andere soorten zoals Grote jager en Jan-Van-Gent zijn eveneens gevoelig voor aanvaring door hun grote formaat en lage wendbaarheid. Alk en Zeekoet vliegen nooit op rotorhoogte. Op basis van de huidige monitoringsresultaten worden er weinig verschillen verwacht m.b.t. aanvaring in relatie tot de types van windturbines. Er kan wel aangenomen worden dat hoe meer turbines er aanwezig zijn, hoe groter de kans op aanvaring zal zijn.

Wat de Bijlage I vogelsoorten betreft is het aanvaringsrisico voor Visdief en Grote stern gering. Op grond van de lage verstoringgevoeligheid en het feit dat Dwergmeeuwen relatief laag over het water vliegen valt te verwachten dat de toekomstige inplanting van offshore windmolens in de trekroute van deze soort eveneens geen belangrijke impact zal hebben.

Als gevolg van de geluidsproductie van de draaiende windturbines wordt geen significant negatief effect verwacht t.o.v. de aanwezige vogels. Dit geldt voor alle scenario's en configuratiealternatieven.

Samenvattend worden de effecten op de avifauna weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--), (?) onzekerheid rond effect op populatieniveau)

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	a	b	-	a	b
Constructiefase					
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Barrièrewerking, geluidsverstoring en trillingen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Exploitatiefase					
Aanvaringsaspect	- (?)	- (?)	- (?)	0/- (?)	0/- (?)
Verstoringsaspect - Habitatverlies, barrière-effect en wijziging in voedselbeschikbaarheid	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)
Verstoringsaspect - Geluidsverstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Ontmantelingsfase					
<i>(Analoog constructiefase)</i>	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling					

Configuratie	1	2	3
Verstoring door sedimentatie	0/-	0/-	0/-
Geluidsverstoring	0/-	0/-	0/-

4.6.4.5 Leemten in de kennis

Momenteel zijn er nog een groot aantal onbekende factoren betreffende de effecten op vogels:

- Het ontwijkgedrag van vogels;
- Het barrière-effect;
- Het mogelijke optredens van 'falls' en de gevolg op populatieniveau;
- Het effect van aanvaringen van vogels met de turbines op populatieniveau;
- De wijziging van het voedselaanbod in het windpark;
- De cumulatieve effecten van meerdere windparken in hetzelfde gebied.

Wat het ontwijkgedrag, barrière-effect, het effect van aanvaringen en het optreden van mogelijke 'falls' betreft, kan er verwacht worden dat het voorziene radaronderzoek en het visuele monitoringonderzoek, dat momenteel reeds lopende is in het kader van het reeds in ontwikkeling zijnde windpark op de Thorntonbank (C-Power), hier zeker een duidelijker beeld van zal scheppen. De bepaling van de effecten van aanvaring op populatieniveau, de wijziging van het voedselaanbod in het windpark en de cumulatieve effecten van meerdere windparken in eenzelfde gebied zal een langdurige en gedetailleerde monitoring vergen en zal veel moeilijker te bepalen zijn.

4.6.4.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

Voor het aspect avifauna worden er op basis van de huidige inzichten in de effecten geen mitigerende maatregelen en compensaties voorgesteld voor het North Sea Power windpark.

Er wordt wel monitoring voorgesteld, aanvullend bij de bestaande programma's (C-Power, Belwind, Eldepasco). Op basis van de verkregen monitoringsresultaten kunnen er (indien nodig) eventueel in een later stadium mitigerende maatregelen worden voorgesteld.

4.6.4.7 Monitoring

Momenteel zijn reeds monitoringsprogramma's rond de effecten op avifauna in uitvoering of beschreven voor de 3 vergunde windparken. Voor het Norther-project wordt voorgesteld om bij dit geïntegreerd programma aan te sluiten en de inspanningen zoveel mogelijk te verdelen. De belangrijkste aspecten hierbij zijn:

- Monitoring van de effecten op de aantallen pleisterende vogels a.d.h.v. scheepstellingen en de methode van Tasker *et al.* (1984). Hierbij kan dezelfde methode gebruikt worden als voor de reeds bestaande windparken.
- Monitoring van de effecten op migrerende vogels aan de hand van radaronderzoek. In het monitoringsrapport voor de eerste fase van het windpark van C-Power (Vanermen & Stienen, 2009) staat aangegeven dat het geplande radaronderzoek onmisbaar is voor het nader bepalen van

vogelbewegingen (flux) door het windpark, alsook voor het bepalen van vlieghoogtes en vermijdingsgedrag. Ook wat het optreden van mogelijke 'falls' betreft, kan het radaronderzoek zeker hierover meer informatie bieden. Op dit ogenblik zijn deze gegevens slechts in beperkte mate beschikbaar.

- Monitoring van aanvaringen blijkt een moeilijke opdracht te zijn. Visuele aanvaringen zijn erg arbeidsintensief en de kans om een aanvaring te zien is erg gering. Vandaar dat er beter een combinatie is van technieken.

Op basis van een langdurige monitoring moet het op termijn mogelijk zijn om de cumulatieve effecten van de windparken op de zeevogelpopulaties in te schatten. Gedetailleerde monitoring is hiervoor van noodzakelijk belang. Hierbij is het onderzoek naar de barrièrewerking op de migrerende vogelsoorten van cruciaal belang, waarbij zowel overdag als 's nachts monitoring noodzakelijk is. Het is namelijk bekend dat vogeltrek zowel overdag als 's nachts plaatsvindt.

Sowieso dient voor elke vorm van monitoring rekening gehouden te worden met de ervaringen en vaststellingen op basis van de recent uitgevoerde monitoring voor de andere windparken op het BDNZ. Zo is Vanermen *et al.* (2010) tot de vaststelling gekomen dat de statistische aanpak voor monitoring van allocatie-effecten door offshore windparken op zeevogels grondig dient herzien te worden. In een recent rapport van COWRIE (Huddleston, 2010) wordt in detail ingegaan op nieuwe visies en methoden inzake de monitoring van effecten op avifauna als gevolg van de aanwezigheid van windparken.

4.6.5 Zeezoogdieren

4.6.5.1 Methodologie

Momenteel zijn er geen specifieke studies beschikbaar over zeezoogdieren ter hoogte van het projectgebied van North Sea Power. Gezien echter de grote mobiliteit en het uitgestrekte leefgebied van zeezoogdieren en gezien de migraties die zeezoogdieren ondernemen, wordt voor de beschrijving van de referentiesituatie gebruik gemaakt van studies uit andere deelgebieden van de Noordzee (zoals de Thorntonbank of de Vlake van de Raan), of studies, artikels en data die de Noordzee geheel of gedeeltelijk omvatten (de zuidelijke Noordzee, het Belgische deel van de Noordzee...). Ondermeer volgende studies en documenten werden geconsulteerd:

- ‘De avifauna en zeezoogdieren van de Thorntonbank’ (Stienen *et al.*, 2002): Studie in opdracht van C-Power met ondermeer een beschrijving van de referentiesituatie wat betreft de avifauna en zeezoogdieren op de Thorntonbank, een opsomming van de potentiële effecten tijdens de bouw- en exploitatiefase van het C-Power windpark voor zeezoogdieren en avifauna.
- ‘Zeezoogdieren in Belgisch mariene wateren’ (Stienen *et al.*, 2003): De studie geeft een beschrijving van de autecologie, de verspreiding en de populatiegrootte van zeezoogdieren in de Noordzee op basis van kennis uit binnenlandse en buitenlandse literatuur. Verder wordt het specifieke belang van het Belgische deel van de Noordzee voor de desbetreffende soorten afgewogen, voor zover dat bekend is uit literatuurgegevens, en wordt hun verspreiding op het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ) in kaart gebracht. De inschatting van de verspreiding van zeezoogdieren is gebaseerd op de gegevensset van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), bestaande uit zeevogel- en zeezoogdiertellingen vanaf schepen, uitgevoerd in de periode 1992 tot oktober 2002. De dataset bevat tellingen die vooral gedaan werden vanaf de onderzoeksschepen ‘Belgica’ en ‘Zeeleeuw’, en (vooral in de jaren negentig) vanaf ferry’s en andere schepen. De telmethodiek voor zeevogels is conform de internationaal gehanteerde ESAS-methode (European Seabirds at Sea). Er worden zowel zeezoogdieren als zittende en vliegende vogels geteld, die zich – voor zeevogels – binnen een afstand van 300 m en voor zeezoogdieren ook verder dan 300 m van het schip bevinden. Zeezoogdieren worden nl. omwille van hun gedrag vrij zelden binnen 300 m van het schip waargenomen, waardoor het aantal waarnemingen binnen deze 300 m zone zeer beperkt zou zijn en ontoereikend voor een grondige evaluatie.
- ‘Zeevogels en zeezoogdieren van de Vlake van de Raan’ (Courdens *et al.*, 2006): Deze studie is eveneens grotendeels gebaseerd op de gegevensset van het INBO, van de periode 1992 tot en met 2005. Er wordt kort ingegaan op het voorkomen van zeezoogdieren ter hoogte van de Vlake van de Raan.
- ‘WAKO: Evaluatie van de milieu-impact van Warrelnetten boomKOrvisserij op het Belgische deel van de Noordzee’ (Depestele *et al.*, 2008): In het kader van het project WAKO (warrelnet- en boomkorvisserij) werden alle beschikbare gegevens over de verspreiding van zeezoogdieren op het Belgische deel van de Noordzee geanalyseerd. Op basis van de waarnemingen van zeezoogdieren, verzameld tijdens de zeevogeltellingen vanaf schepen van het INBO (periode 1992 tot en met 2005), werd een verspreidingskaart voor zeezoogdieren en een dichtheidskaart voor bruinvissen ontwikkeld.

Daarnaast werd gebruik gemaakt van een selectie van door de BMM verzamelde waarnemingen van bruinvissen. Deze data van de BMM bestaan uit strandingsgegevens, waarnemingen van zeezoogdieren in Belgische wateren door het publiek of door diensten actief op zee, eigen waarnemingen door de BMM en waarnemingen gemaakt door het INBO in het kader van onderzoeksprojecten van de overheid (meestal in het kader van het onderzoek naar zeevogels). In de studie van Depestele *et al.* (2008) werden enkel de waarnemingen gerapporteerd door derden en de eigen waarnemingen uitgevoerd door de BMM op kaart gebracht.

- ‘The harbour porpoise in the southern North Sea: Abundance, threats and research- & management proposals’ (Haelters & Camphuysen, 2009): Dit rapport schetst een beeld van de voormalige en recente toestand van de bruinvis in de zuidelijke Noordzee, en de diverse bedreigingen voor bruinvissen in dit gebied.
- ‘Monitoring of marine mammals in the framework of the construction and exploitation of offshore wind farms in Belgian marine water’ (Haelters, 2009) & ‘Spatio-temporal patterns of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* in the Belgian part of the North Sea’ (Haelters *et al.*, 2010): Om de mogelijke effecten van de constructie en exploitatie van offshore windparken op zeezoogdieren in te schatten werd een monitoringsplan ontwikkeld. Dit plan heeft tot doel zowel korte- als langetermijneffecten vast te stellen, en maakt noodzakelijkerwijs gebruik van verschillende onderzoeksmethodes. Deze rapporten van 2009 en 2010 rapporteren de voorbereidende acties voor de monitoring en de resultaten van de uitgevoerde monitoringsactiviteiten van 2008 en 2009. De resultaten geven een beeld van de huidige verspreiding in tijd en ruimte van de bruinvis in de Belgische wateren.
- Andere recente studies waarin een overzicht van de omvang en dichtheid van de belangrijkste zeezoogdiersoorten worden weergegeven: Degraer *et al.* (2009b), Degraer *et al.* (2010b) en Haelters (2010). Deze documenten geven eveneens informatie over de mate van instandhouding van deze populaties, de herstelmogelijkheden en de betekenis van de Belgische wateren voor de instandhouding van de desbetreffende soort.

Om de effecten van de bouw en de exploitatie van het North Sea Power windpark op de zeezoogdieren in te schatten wordt gebruik gemaakt van beschikbare literatuurgegevens uit binnen- en buitenland:

- ‘De avifauna en zeezoogdieren van de Thorntonbank’ (Stienen *et al.*, 2002): Studie in opdracht van C-Power waarbij ondermeer een opsomming gemaakt wordt van de potentiële effecten tijdens de bouw- en exploitatiefase van het C-Power windpark voor zeezoogdieren en avifauna (zie boven).
- Studies die uitgevoerd werden naar geluidseffecten van offshore windparken op zeezoogdieren: Nedwell *et al.* (2003), Nedwell & Howell (2004), Parvin & Nedwell (2006), Thomson *et al.* (2006), Nedwell *et al.* (2007), Tougaard *et al.* (2008), OSPAR (2009a, 2009b), Bailey *et al.* (2010), Thompson *et al.* (2010).
- Beschikbare literatuur betreffende de reeds operationele offshore windparken Horns Rev (I en II) en Nysted in Denemarken:
 - In de Deense Noordzee werden in 2002 (Horns Rev I) en in 2003 (Nysted) offshore windparken gebouwd. De milieueffectrapporten voor deze windparken werden opgesteld in 2000: Bach *et al.* (2000); Tougaard *et al.* (2000); Dietz *et al.* (2000);

- Verschillende studies die de verspreiding en het gedrag van zeezoogdieren onderzoeken om het effect van de bouw van deze offshore windparken in te schatten: o.a. Teilmann *et al.* (2006a), Teilmann *et al.* (2006b), Teilmann *et al.* (2006c), Tougaard *et al.* (2006a), Tougaard *et al.* (2006b), Tougaard *et al.* (2006c), Vattenfall A/S (2006), Elsam Engineering & ENERGI E2 (2005), Tougaard *et al.* (2005), Edrén *et al.* (2005);
- In de zomer van 2008 werden 92 monopiles geïnstalleerd in de Deense Noordzee, bij het windpark Horns Rev II. Gedurende de heideactiviteiten werden de gedragsreacties van bruinvissen opgevolgd (Brandt *et al.*, 2009).
- Een studie naar de ecologische effecten van bekabeling bij windparken op zee (BERR, 2008).
- Monitoringsrapporten met betrekking tot de milieueffecten van de bouw en exploitatie van het Offshore Windpark Egmond aan Zee (OWEZ), Nederland: Brasseur *et al.* (2008), Kastelein *et al.* (2008), Leopold & Camphuysen (2008), Scheidat *et al.* (2008).
- Een rapport opgesteld door de OSPAR Commissie, dat een beoordeling geeft over de diverse milieueffecten van offshore windparken (OSPAR, 2008a).
- Een rapport opgesteld in opdracht van COWRIE (Collaborative Offshore Wind Research Into The Environment) over methodes voor het meten en beoordelen van potentiële veranderingen in het gedrag van zeezoogdieren, hun voorkomen en verspreiding, ten gevolge van de bouw, exploitatie en ontmanteling van offshore windparken (Diederichs, 2008).

4.6.5.2 Referentiesituatie

Tot en met 2003 werden zeezoogdieren slechts sporadisch waargenomen tijdens zeevogeltellingen in de Belgische mariene wateren. Hierbij ging het hoofdzakelijk om zeehonden (zowel grijze zeehond als gewone zeehond) en bruinvissen. Sinds het voorjaar van 2003 echter worden in het Belgische gedeelte van de Noordzee evenals in de Nederlandse wateren in toenemende mate zeezoogdieren gemeld, waarbij vooral de aantallen bruinvissen en witsnuitdolfijnen in het oog springen. Dit kadert in een algemene trend die ook in de andere landen rond de zuidelijke Noordzee werd vastgesteld. Algemeen wordt aangenomen dat het hierbij niet gaat om een effectieve aantallentoename, maar om een verschuiving van de foerageergebieden van dieren uit noordelijkere regionen, hoewel ook andere oorzaken niet kunnen worden uitgesloten (Courtens *et al.*, 2006; Depestele *et al.*, 2008; Haelters & Camphuysen, 2009).

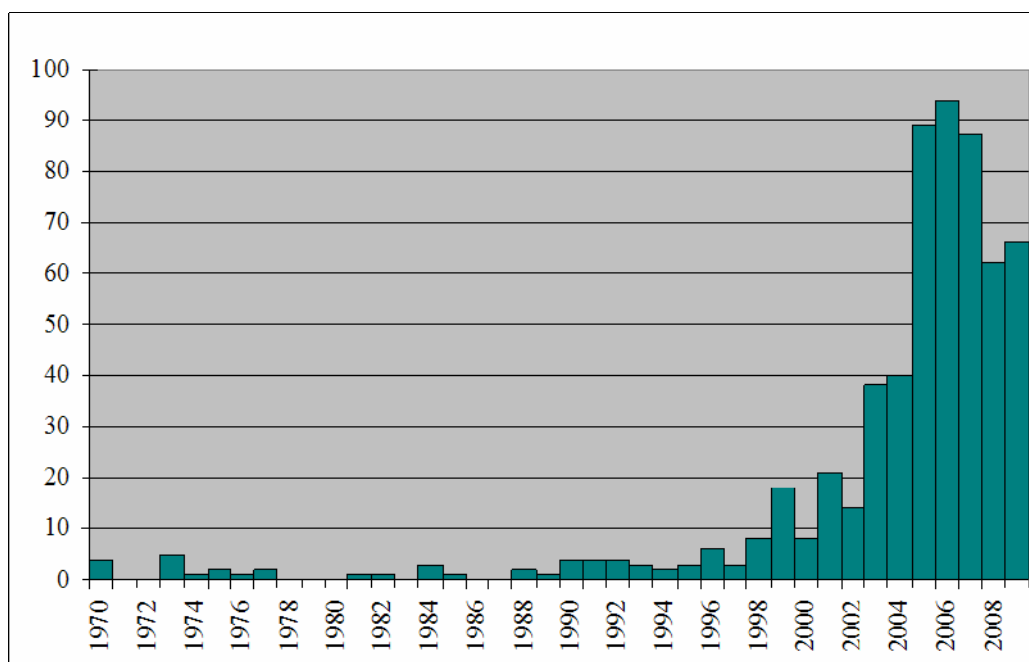
De zoogdiersoorten die in de Belgische wateren als inheems beschouwd worden, zijn de bruinvis (*Phocoena phocoena*), de gewone zeehond (*Phoca vitulina*), de grijze zeehond (*Halichoerus grypus*), de tuimelaar (*Tursiops truncatus*) en de witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*) (Haelters, 2009; 2010). Voor een uitgebreide beschrijving van deze soorten, hun verspreiding en populatie wordt verwezen naar Stienen *et al.* (2002, 2003).

Bruinvis

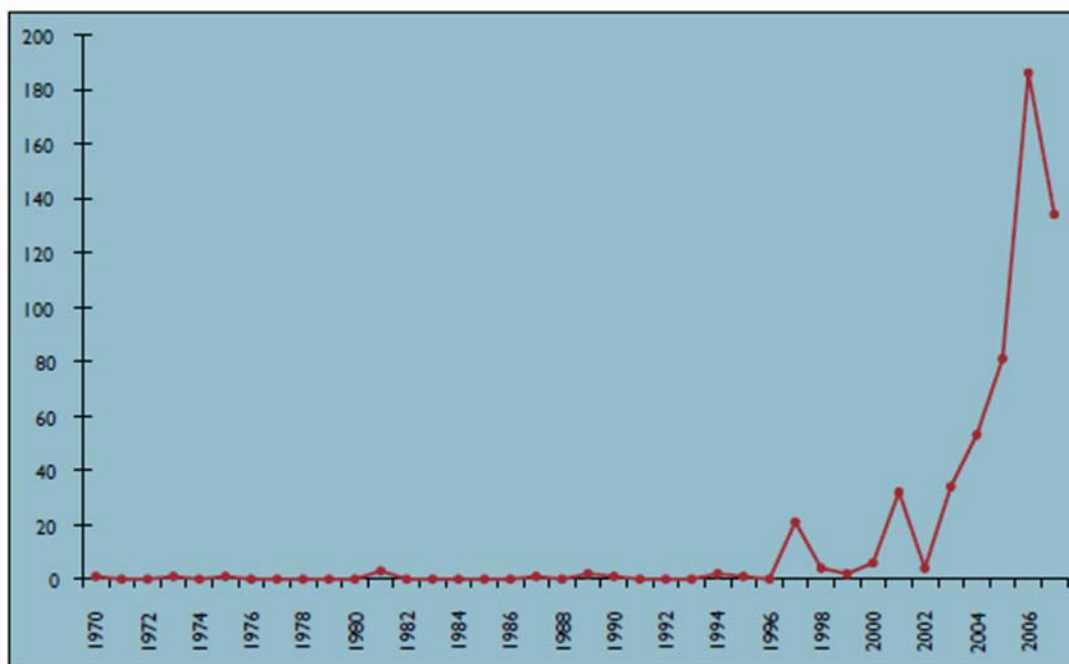
Het voorkomen van de bruinvis, zowel ruimtelijk als in de tijd, is moeilijk te voorspellen, gezien de bruinvis een zeer mobiele soort is, waarvan de verspreiding afhangt van tal van factoren die niet alleen door beheer in beschermde gebieden kunnen beïnvloed worden (vb. klimaatsveranderingen, met effecten op de

voedselketen) (Degraer *et al.*, 2010b). Zo is de sinds 1994 waargenomen zuidwaartse shift in de Noordzee van de bruinvispopulatie – waardoor in Belgische wateren sinds 2003 steeds meer bruinvissen aangetroffen worden – vermoedelijk het gevolg van effecten op de voedselketen door een stijging in de watertemperatuur, leidend tot een verminderde beschikbaarheid van geschikte prooi in het noordelijk gedeelte van de Noordzee (Haelters, 2010). De dieren die aangetroffen worden in Belgische wateren vormen geen geïsoleerde populatie, maar maken deel uit van een veel grotere populatie, die zich verspreidt over de hele zuidelijke en centrale Noordzee.

Door deze zuidwaartse shift van de bruinvispopulatie komt de bruinvis sinds 2003 seizoenaal algemeen voor in de Belgische zeegebieden, na decennia van vrijwel afwezigheid. Het jaarlijks aantal gestrande bruinvissen en het jaarlijks aantal gesignaleerde bruinvissen door het publiek (waarnemingen in havens of vanaf stranden) of door diensten actief op zee (zonder de waarnemingen uitgevoerd tijdens zeevogeltellingen van het INBO en de waarnemingen tijdens toezichtsvluchten van de BMM) geven beiden een goed beeld van de terugkeer van de soort in de Belgische wateren (respectievelijk Figuur 4.6.26 en Figuur 4.6.27). De in deze figuren waarneembare dalende trend sinds 2007 in gestrande bruinvissen en bruinvissen waargenomen van op het strand is vermoedelijk het gevolg van een grotere aanwezigheid van de dieren verder offshore in vergelijking met eerdere jaren (Haelters, 2009).

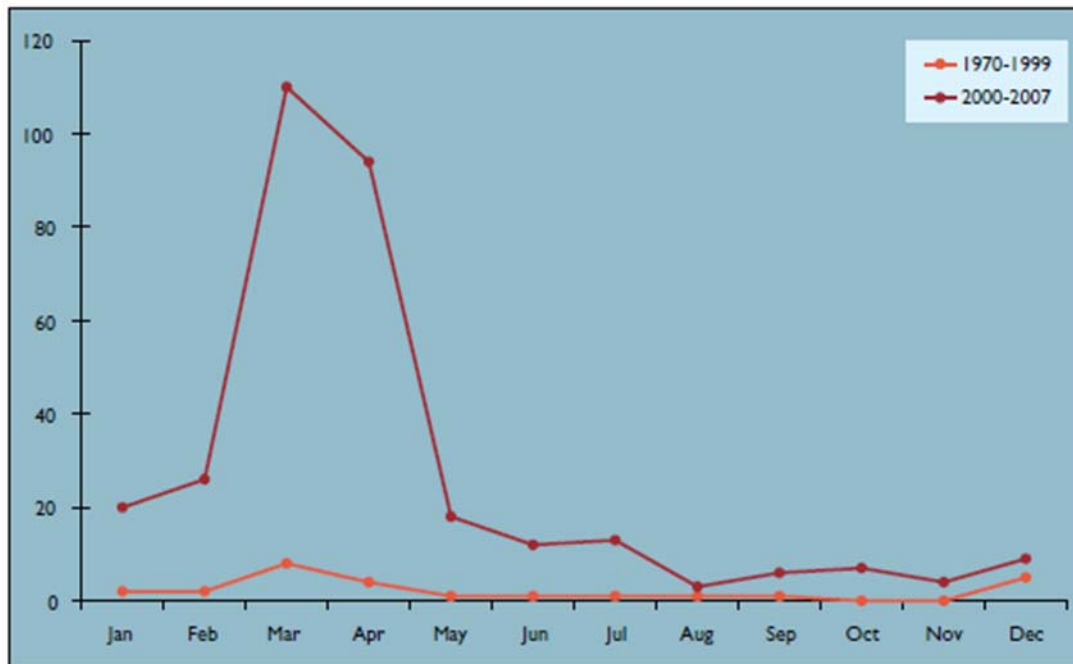


Figuur 4.6.26: Aantal gestrande bruinvissen in België tussen 1970 en 2009 (Haelters *et al.*, 2010)

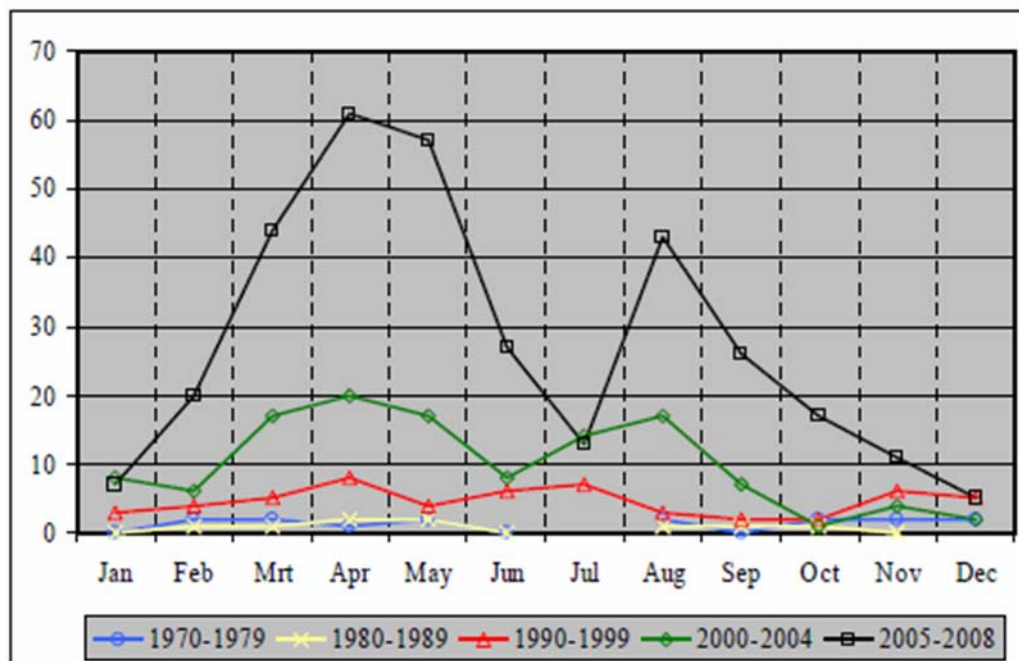


Figuur 4.6.27: Jaarlijks aantal ad hoc waarnemingen van bruinvissen, aan de BMM gerapporteerde door het publiek of door diensten actief op zee in Belgische wateren (Haelters & Camphuysen, 2009)

Bruinvissen komen het hele jaar door voor in de Belgische zeegebieden, maar er is een duidelijk seizoenaal patroon zichtbaar. De hoogste dichtheden aan bruinvissen komen vooral tijdens de late winter en de lente voor (1 januari tot 30 april), over het gehele BDNZ (Figuur 4.6.28). De strandingsdata komen slechts gedeeltelijk overeen met voorgenoemd patroon (Figuur 4.6.29); de meeste dieren spoelen aan in maart en april, wat overeen komt met de periode waarin de bruinvis het meest waargenomen wordt in de kustwateren van de zuidelijke Noordzee, en heeft voor een groot deel te maken met incidentele mortaliteit in visnetten (bijvangst). Er komt echter een tweede piek in strandingen voor, gedurende de zomermaanden. Het betreft vaak zeer jonge bruinvissen, wat in verband staat met een natuurlijk hoog sterftcijfer bij jonge bruinvissen en wat wijst op het voorkomen van reproductie in de zuidelijke Noordzee, of het betreft dieren in verre staat van ontbinding, die vermoedelijk van verder offshore naar het strand toe gedreven zijn. Hoewel bruinvissen zelden waargenomen worden in Belgische wateren gedurende de zomermaanden, wijzen de strandingsdata dus toch op de effectieve aanwezigheid van bruinvissen in het BDNZ tijdens deze periode, maar dan verder offshore en noordelijker, en in lagere aantallen in vergelijking met de aantallen waargenomen tijdens de late winter tot lente (Haelters, 2009; Haelters & Camphuysen, 2009; Haelters *et al.*, 2010). Verder wees recente passieve akoestische monitoring met PoDs (Porpoise Detectors) uit dat de hoogste aantallen aan bruinvissen tijdens de herfstperiode eveneens verder offshore gesitueerd zijn (Haelters *et al.*, 2010).



Figuur 4.6.28: Maandelijks aantal ad hoc waarnemingen van bruinvissen, aan de BMM gerapporteerd door het publiek of door diensten actief op zee in Belgische wateren (Haelters & Camphuysen, 2009)



Figuur 4.6.29: Totaal aantal gestrande bruinvissen per maand gedurende verscheidene periodes tussen 1970 en 2008 (Haelters, 2009)

Vermoedelijk komen in de late winter en het vroege voorjaar in totaal enkele duizenden (4000-tal) bruinvissen voor in het BDNZ (min. gemiddeld 0,68 individuen per km²). In andere periodes is er sprake van enkele honderden exemplaren (max. gemiddeld 0,31 individuen per km²). In de gehele Noordzee bevinden

zich ongeveer een kwart miljoen bruinvissen. Gedurende het grootste deel van het jaar komt aldus minder dan 1 % van de Noordzeepopulatie voor in Belgische wateren, maar seizoenaal (februari – april) loopt dit aantal op tot ca. 1,6 % van de populatie in de Noordzee (Di Marcantonio *et al.*, 2007; Depestele *et al.*, 2008; Haelters, 2009; Haelters & Camphuysen, 2009; Degraer *et al.*, 2009b, 2010b; Haelters *et al.*, 2010; Haelters, 2010). In het kader van de instandhoudingsdoelstellingen²⁹ wordt het relatief belang van de Belgische wateren voor de bruinvis binnen Europa seizoenaal hoog ingeschat, voornamelijk omwille van het groot aantal dieren dat van dit gebied gebruik maakt tijdens de migratieperiode (Degraer *et al.*, 2009b, 2010b; Haelters *et al.*, 2010).

Witsnuitdolfijn

Waarnemingen van groepjes witsnuitdolfijnen worden reeds een tiental jaren geregeld gemeld, maar deze soort is niet algemeen voorkomend. De meeste waarnemingen vinden plaats tussen november en april. In 2009 (in de periode van februari tot mei) werden 9 groepjes witsnuitdolfijnen gemeld, bestaande uit 2 tot 6 individuen. Deze dieren werden allen offshore waargenomen. In de overige maanden werden geen meldingen van waarnemingen van witsnuitdolfijnen gedaan (database BMM, niet gepubliceerd). Haelters (2010) schat het huidige aantal witsnuitdolfijnen in de Belgische wateren op 5 tot 50, afhankelijk van het seizoen.

Tuimelaar

Momenteel is de tuimelaar in de Belgische Zeegebieden vrijwel uitgestorven. Tot in de eerste helft van de 20ste eeuw kwam er een populatie van tuimelaars voor in de zuidelijke Noordzee, die vermoedelijk verdwenen is door een combinatie van vervuiling, voedseltekort en directe vangsten. Toch worden de laatste jaren regelmatig solitaire tuimelaars waargenomen die er tot enkele maanden verblijven, en af en toe worden migrerende groepjes tuimelaars gerapporteerd (Degraer *et al.*, 2009b; Haelters, 2010). Zo werd in de zomer en het najaar van 2010 voor de kust van Knokke en Blankenberge zeer dicht bij het strand regelmatig een tuimelaar gezien (database BMM, niet gepubliceerd).

Gewone zeehond

Tot de jaren '50 werden zeehonden frequent waargenomen aan de Belgische kust. In die tijd bestonden in België al decennialang geen echte kolonies zeehonden meer (waar voortplanting plaatsvindt), waarschijnlijk voornamelijk door een continue en hoge graad van verstoring, bejaging en vervuiling. Rond de jaren '50 waren de zeehondenkolonies overal in de zuidelijke Noordzee reeds sterk in omvang verminderd. Als gevolg van de achteruitgang van de zeehondenkolonies in de ons omringende landen, was de zeehond in België eveneens een zeldzame verschijning geworden. Sinds de jaren 1980 beginnen de zeehondenkolonies in de Zeeuwse Delta en Frankrijk te herstellen (Degraer *et al.*, 2009b). De laatste jaren worden er bijgevolg opnieuw regelmatig groepjes van 5 tot 15 individuen van gewone zeehonden waargenomen aan de Belgische kust, voornamelijk ter hoogte van de haven van Nieuwpoort en ter hoogte van een strandhoofd bij Koksijde. Het huidige aantal gewone zeehonden in de Belgische wateren wordt op 5 tot 50 geschat

²⁹ Instandhoudingsdoelstellingen zijn doelstellingen voor de instandhouding van de leefgebieden en van de habitats of populaties van in het wild levende dier- en plantensoorten, voor zover vereist op grond van de Vogel- en Habitatrichtlijn.

(Haelters, 2010). Er is geen sprake van een geïsoleerde zeehondenpopulatie in Belgische wateren. Zeehonden leggen grote afstanden af en de dieren waargenomen in het BDNZ zijn afkomstig van kolonies in Zeeland, de Waddenzee, de zuidoostelijke kust van Engeland en de baai van de Somme. De aantallen zijn verwaarloosbaar in vergelijking met de aantallen die voorkomen in de buurlanden; de Belgische wateren zijn dan ook van ondergeschikt belang voor de soort binnen Europa. Het ontstaan van een kolonie in Belgische wateren wordt voornamelijk verhinderd door het gebrek aan rust- en voortplantingsplaatsen die niet verstoord worden, gezien zeehonden een belangrijk deel van hun leven rustend aan land doorbrengen en ook pups aan land geboren en een tijdje gezoogd worden (Degraer *et al.*, 2009b, 2010b; Haelters, 2010). De kolonies het dichtst bij het projectgebied van North Sea Power liggen in Zeeland (Bol van de Ooster, Hooge Platen), op tientallen kilometers afstand van het geplande windpark. Het Natura 2000 gebied Voordelta, aangemeld voor ondermeer de gewone en de grijze zeehond, ligt op ca. 20 km van het geplande windpark.

Grijze zeehond

De grijze zeehond is aan de Belgische kust zeldzamer dan de gewone zeehond, en er bevinden zich geen kolonies of permanente uithaalplaatsen. De meest nabije kolonie grijze zeehonden bevindt zich in de Nederlandse Delta. Deze kolonies zijn recent ontstaan. De belangrijkste kolonies bevinden zich rond het Verenigd Koninkrijk. Gezien de grijze zeehond nog verder afdwaalt van de kolonies als de gewone zeehond, is het niet duidelijk aan te duiden waar de dieren waargenomen in Belgische wateren vandaan komen (Degraer *et al.*, 2009b). In 2009 werden er 5 meldingen van grijze zeehonden aan de Belgische kust gedaan aan de BMM, allen strandingen. Drie van deze exemplaren werden dood aangetroffen, de twee overige betroffen jonge dieren die naar SeaLife Blankenberge overgebracht werden (database BMM, niet gepubliceerd).

De Belgische wateren zijn van zeer geringe betekenis voor de instandhouding van de grijze zeehond, gezien deze soort hier enkel sporadisch voorkomt, gezien de aantallen verwaarloosbaar zijn tegenover de Noordzeepopulaties en gezien er noch kolonies noch frequent gebruikte uithaalplaatsen voorkomen (Degraer *et al.*, 2009b).

Het is zeer moeilijk om binnen het BDNZ migratiecorridors te bepalen of om gebieden aan te duiden die meer of minder belangrijk zijn voor zeezoogdieren, gezien de mobiliteit van de zeezoogdieren, het grote gebied waarover populaties voorkomen en het onvoorspelbaar karakter van het voorkomen (Di Marcantonio *et al.*, 2007; Degraer *et al.*, 2009b).

Uit de literatuurgegevens blijkt dat, in verhouding tot de totale populatiegrootte van de Noordzee, de voorkomende aantallen aan witsnuitdolfijnen, tuimelaars en grijze en gewone zeehond in Belgische wateren eerder van ondergeschikt belang zijn. Dit geldt niet voor de bruinvis, gezien de Belgische wateren tijdelijk, tijdens de migratie, door een groot deel van de Noordzeepopulatie gebruikt worden. Daarom wordt het BDNZ seizoen als belangrijk beschouwd voor de bruinvis binnen Europa, voornamelijk in de late winter tot het vroegere voorjaar (Haelters, 2009; Haelters & Camphuysen, 2009; Degraer *et al.*, 2010b).

Gezien de bruinvis in veel grotere aantallen dan de overige zoogdiersoorten voorkomt in het BDNZ, gezien verscheidene van deze overige zoogdiersoorten (zoals zeehonden) de gewoonte hebben dicht bij de kust

te verblijven, en gezien de bruinvis zeer gevoelig blijkt te zijn voor verstoring, zal de focus voor de effectbeschrijving gelegd worden op de bruinvis.

4.6.5.3 Autonome ontwikkeling

Bij het niet installeren van het North Sea Power windpark mag verondersteld worden dat de waarde voor mariene zoogdieren van de site nagenoeg hetzelfde zal blijven. Behalve bestaande (semi)-natuurlijke fluctuaties in het zeezoogdierenbestand (bijvoorbeeld door veranderingen in de voedselbeschikbaarheid, of door verschuivingen in de overwinteringgebieden) zijn er geen aanwijzingen dat er momenteel belangrijke wijzigingen plaatsvinden in het gebied. Haelters (2010) stelt echter dat de situatie van de bruinvis (de meest voorkomende zeezoogdiersoort in het BDNZ) kwetsbaar is en dat zeer snelle veranderingen in de Noordzeepopulaties kunnen optreden. De belangrijkste bedreigingen voor zeezoogdieren zijn overbevissing, incidentele vangst, vervuiling (inclusief geluid en afval), klimaatverandering en aanvaring met schepen.

4.6.5.4 Effectbespreking

Zeezoogdieren kunnen op verschillende manieren mogelijke hinder ondervinden van offshore windparken, zowel tijdens de bouw als tijdens de werking van het offshore windpark (Stienen *et al.*, 2002; Dolman *et al.*, 2003; Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005; OSPAR, 2008a; Di Marcantonio *et al.*, 2007, 2009):

- habitatverlies als gevolg van de aanwezigheid van een windpark;
- veranderingen in voedselbeschikbaarheid tijdens constructiefase;
- verstoring als gevolg van de verschillende bouwactiviteiten en verhoogde scheepvaartactiviteit in de constructiefase en onderhoudswerkzaamheden in de operationele fase;
- trillingen en geluiden als gevolg van het heien van palen en baggerwerkzaamheden tijdens de constructiefase;
- trillingen en geluiden van de windturbines in de operationele fase;
- elektromagnetische straling opgewekt door aanwezige kabels;
- fysische aanwezigheid van de windturbines;
- verstoring door onderhoudswerken;
- veranderingen in beschikbare voedselbronnen.

De potentiële effecten op de zeezoogdieren tijdens de verschillende fasen van het windpark worden hieronder besproken.

4.6.5.4.1 Constructiefase

Wijzigingen in voedselbeschikbaarheid

De bouw van windparken kan de voedselbronnen beïnvloeden, waardoor de gebieden minder aantrekkelijk kunnen worden voor zeezoogdieren gedurende de constructiefase. Door Bach *et al.* (2000) werd verondersteld dat gedurende de constructiefase de vispopulaties van vooral kabeljauw- en haringachtigen binnen het windpark en in de onmiddellijke omgeving ervan zullen afnemen. Kabeljauwachtigen en

haringachtigen vormen een belangrijke voedselbron voor bruinvissen. Zo kan geluid geproduceerd door het heien van monopiles leiden tot gedragsveranderingen (vermijding) bij vissen tot op enkele kilometers van het brongeluid (zie hoofdstuk 'Epibenthos en visgemeenschappen van zachte substraten'). Gezien tijdens de constructiefase het projectgebied minder geschikt is om voedsel te zoeken of als broedgebied, kunnen zeezoogdieren aldus het projectgebied verlaten (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Bruinvissen moeten vrijwel 24 uur per etmaal foerageren en het verdrijven uit voor hen belangrijke foerageergebieden kan snel leiden tot conditieverslechtering.

De reductie in prooivispopulaties zal waarschijnlijk tijdelijk zijn; de voedselbronnen kunnen zich herstellen wanneer de constructie van het windpark is afgerond (Bach *et al.*, 2000). Er wordt verwacht dat zeezoogdieren na het herstel van de voedselbronnen terug zullen keren naar het windpark. Gezien het tijdelijke karakter van de effecten van mogelijke veranderingen in voedselbronnen, wordt het effect als gering negatief beoordeeld (0/-).

Algemene verstoring

Het is onvermijdelijk dat er tijdens de constructiefase een verstoring van zeezoogdieren zal optreden. De constructiefase van het North Sea Power windpark wordt voornamelijk gespreid over 2 werkbare periodes (globaal april tot en met oktober). Men opteert echter ook steeds meer om door te gaan met het bouwen tijdens de wintermaanden: stil en koud weer is eveneens geschikt voor constructiewerkzaamheden. Bruinvissen worden vooral waargenomen in de periode van 1 januari tot 30 april. Het is dus aannemelijk dat zeezoogdieren verstoord kunnen worden door de bouw van de windturbines als de aanleg van de kabels. Dit als gevolg van toenemende turbiditeit van het water, onderwaterbewegingen, de aanwezigheid van schepen (druk scheepsverkeer) en machines, geluid en andere activiteiten op de zeebodem. De effecten van geluiden en trillingen worden besproken in volgende paragraaf.

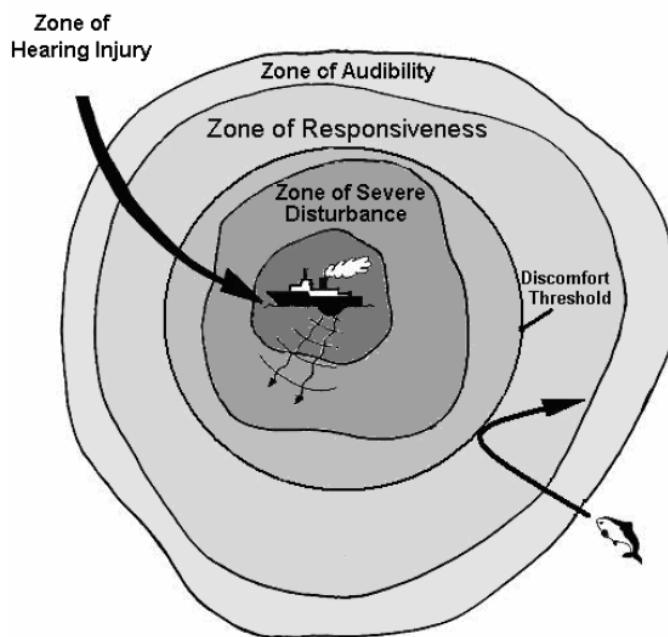
Gezien het beperkt aantal bijkomende transporten in vergelijking met het huidige aantal al aanwezige scheepsbewegingen in het BDNZ (voornamelijk ter hoogte van de scheepvaartroutes) en gezien de niet permanente invloed worden er geen bijkomende negatieve effecten in de vorm van verstoring verwacht ten gevolge van de algemene constructiewerkzaamheden van het windpark (Stienen *et al.*, 2002; Di Marcantonio *et al.*, 2009). Er wordt verondersteld dat zeezoogdieren de site waar de constructieactiviteiten plaatsvinden en de onmiddellijke omgeving ervan zullen verlaten, de site tijdelijk zullen mijden en na het beëindigen van de constructiefase terug zullen keren naar het windpark (o.a. DIFRES, 2000; Bach *et al.*, 2000; Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Gedwongen verplaatsingen naar gebieden die qua voedselvoorziening minder geschikt zijn, kunnen zeer schadelijk zijn voor bruinvissen gezien ze niet lang zonder voedsel kunnen. Gedragwijzigingen ten gevolge van verstoring kunnen eveneens leiden tot scheiding van moeder en kalf groepen (OSPAR, 2008a). Het is niet te voorspellen over welk gebied effecten zullen optreden, hoe lang bruinvissen afwezig zullen zijn en of ze in lagere aantallen zullen terugkeren of niet.

Verstoring ten gevolge van de algemene constructiewerkzaamheden wordt als gering negatief beoordeeld (0/-).

Verstoring ten gevolge van geluid en trillingen

Tijdens de constructiefase zullen de verschillende bouwactiviteiten (toenemende scheepvaart, helikoptertransport, etc.) een verhoging van het onderwatergeluid en trillingen met zich meebrengen. Het geluid gegenereerd door deze geluidsbronnen bestaat voornamelijk uit lage geluidsfrequenties, meestal beneden 1 kHz. Dit geluid is vergelijkbaar met het reeds bestaand geluid van antropogene oorsprong zonder de windturbines. Er wordt verwacht dat dit de echolocatiemogelijkheden van zeezoogdieren (zoals vb. bruinvissen) niet zal beïnvloeden (DIFRES, 2000).

Het heien van monopiles met hydraulische hamers daarentegen produceert een geluid dat vooral bestaat uit lagere frequenties en dat een zeer hoge intensiteit kan hebben. Het kan dus tot op grote afstand hoorbaar zijn voor zeezoogdieren (Dolman *et al.*, 2003; Henriksen *et al.*, 2003). De effecten op zeezoogdieren variëren van gedragverandering op grote afstand tot de bron, tot maskering van het eigen geluid, tijdelijke gehoorshift (temporary threshold shift, een tijdelijke verhoging van de gehoordrempel), permanente gehoorshift (permanent threshold shift, een permanente verhoging van de gehoordrempel), fysieke schade en zelfs de dood dicht bij de bron (OSPAR, 2009b). Figuur 4.6.30 geeft een schematische weergave van de invloedszones rond een geluidsbron. Een ander aspect van de impact van het geluid op organismen is de duur van het geluid: blootstelling van een kortere duur veroorzaakt minder schade dan een langere blootstelling aan hetzelfde geluidsniveau (Di Marcantonio *et al.*, 2007; Tasker *et al.*, 2010).



Figuur 4.6.30: Invloedszones rond een geluidsbron voor zeezoogdieren (Verboom & Kastelein, 2005). Zone of audibility: zone waarbinnen het geluid hoorbaar is voor zeezoogdieren; Zone of responsiveness: zone waarbinnen zeezoogdieren gedragsveranderingen vertonen; Discomfort threshold: overschrijding van deze geluidsdrempel veroorzaakt vermijdings- en afschrikreacties; Zone of severe disturbance: zone waarbinnen ernstige verstoring (sterke vermijdingsreacties) van zeezoogdieren optreedt; Zone of hearing injury: zone waarbinnen gehoorschade optreedt.

Bij de discipline 'Geluid' werd berekend dat er tijdens het heien van monopiles (met diameter tussen 4 en 5 meter, met verschillende lengte en ter hoogte van een verschillende bathymetrie) op 20 km afstand nog geluidsniveaus waargenomen kunnen worden die hoger zijn dan het achtergrondgeluidsniveau. Op 80 km afstand wordt het achtergrondgeluidsniveau vermoedelijk niet meer overschreden. Deze afstanden werden afgeleid uit geluidsmetingen uitgevoerd tijdens heiactiviteiten ondermeer ter hoogte van het Belwind windpark (Bligh Bank) (Norro *et al.*, 2010). Er kan verondersteld worden dat het geluidsdrukkniveau onder water voor het heien van de jacket fundering (diameter 2 – 3 meter) lager zal zijn dan bij het heien van een monopile (diameter 4 – 8 meter), maar dat de periode waarin geheid zal worden langer zal duren voor het plaatsen van de jacket fundering.

Bruinvissen en gewone zeehonden zijn vermoedelijk in staat om het heien van palen te horen tot op 80 km, of zelfs honderden kilometers van de bron (Thomson *et al.*, 2006). Zeehonden zijn volgens de meeste onderzoekers minder gevoelig voor geluid dan bruinvissen (Gordon *et al.*, 2007).

In verscheidene studies werden drempelwaarden van geluidsniveaus geschat waarbij gedragsverandering, maskering, tijdelijke gehoorshift, permanente gehoorschade, etc. bij zeezoogdieren verwacht worden op te treden. Algemene consensus over deze waarden is tot op heden echter nog niet bereikt. Aan de hand van de geschatte drempelwaarden en uitgevoerde geluidsmetingen werden vervolgens diverse invloedszones bepaald (de invloedszones waarvan sprake in Figuur 4.6.30). Enkele studies waarin dergelijke invloedszones werden bepaald, worden kort besproken in volgende paragrafen. Een overzicht van de verscheidene invloedszones voor bruinvissen wordt weergegeven in Figuur 4.6.30.

- Nedwell *et al.* (2003) berekenden op basis van metingen ter hoogte van het windpark North Hoyle (Verenigd Koninkrijk) de zone waarbinnen bruinvissen een vermijdingsreacties zouden vertonen bij het inheien van palen met een diameter van 4 m. Op basis van deze berekeningen wordt verwacht dat bruinvissen binnen een zone van 7,4 km een sterke vermijdingsreactie (ernstige verstoring) zullen vertonen, en binnen een zone van 100 m gehoorschade kunnen oplopen.
- Thomsen *et al.* (2006) verwachten binnen een zone van meer dan 20 km rond de bron gedragsverstoringen bij bruinvissen en zeehonden. Gehoorverlies (permanente gehoorschade) wordt verwacht op te treden binnen een zone van 1,8 km rond de bron voor bruinvissen en een zone van 400 m voor zeehonden.
- Ter hoogte van het Q7 windpark in Nederland werden monopiles met diameter 4 m tot op een diepte van 30 m geheid. Tot op een afstand van 5,6 km van de heillocatie (de maximale afstand tot de werf waar geluidsmetingen werden uitgevoerd) werd een geluidsniveau gemeten dat ruim boven de discomfort level voor bruinvissen ligt. Tot 1,5 km van het heien was het geluidsniveau, gemiddeld over diverse heipulsen, 90 dB hoger dan de geluidsdrempel voor bruinvissen, genoeg voor een sterke vermijdingsreactie. Een tijdelijke shift in de gehoordrempel van bruinvissen werd verwacht binnen een zone van 500 m tot de heillocatie (De Jong & Ainslie, 2008).
- Op basis van geluidsmetingen uitgevoerd tijdens heiwerkzaamheden ter hoogte van het Belwind windpark (Bligh Bank), en in vergelijking met geluidsniveaus gemeten tijdens heiactiviteiten ter hoogte van andere windparken en hierbij waargenomen effecten, wordt verondersteld dat er tijdens de

heideactiviteiten ter hoogte van de Bligh Bank effecten op zeezoogdieren opgetreden zijn tot op een afstand van minstens 25 km van de bron. Er wordt aangenomen dat het geluid op grotere afstand nog steeds hoorbaar was voor bruinvissen, maar het is niet duidelijk of dit eveneens effecten veroorzaakt heeft (Norro *et al.*, 2010). Wanneer discomfort effecten verondersteld worden tot op een afstand van 25 km, kan verwacht worden dat in er in de late winter en het vroege voorjaar bij gelijkaardige heidewerkzaamheden minimaal 1400 bruinvissen verstoord worden (rekening houdend met een gemiddelde dichtheid van 0,68 individuen per km², zie eerder).

- In 2006 werden geluidsmetingen uitgevoerd tijdens het inheien van twee 5 MW windturbines ten noordoosten van Schotland. Deze turbines werden geïnstalleerd in diep water (> 40 m) en werden verankerd in de zeebodem door middel van een jacket fundering. Bailey *et al.* (2010) stellen dat zeezoogdieren het geluid geproduceerd door deze heideactiviteiten boven het achtergrondgeluid kunnen detecteren tot op een afstand van 70 km. Voor bruinvissen is het mogelijk dat gedragswijzigingen optreden tot op deze afstand van 70 km van de geluidsbron, hoewel sterk vermijdingsgedrag bij bruinvissen enkel verwacht wordt binnen een zone van 20 km. Voor andere zeezoogdieren worden gedragswijzigingen verwacht tot op een afstand van 40 à 50 km van de bron. Permanente gehoorschade of een tijdelijke gehoorshift bij zeezoogdieren worden verondersteld op te treden binnen een zone van 100 m van de heidelocatie.

Tabel 4.6.17: Invloedszones voor bruinvissen, bepaald aan de hand van de geschatte drempelwaarden en uitgevoerde geluidsmetingen bij diverse heidewerkzaamheden

Studie	Site	Type fundering	Water-diepte	Zone rond bron waarbinnen effect optreedt	Effect
Nedwell <i>et al.</i> , 2003	North Hoyle windpark, UK	monopiles, Ø 4 m, lengte 50 m	± 10 m diep	zone van 7,4 km	sterke vermijdingsreactie, ernstige verstoring
				zone van 100 m	permanente gehoorschade
Thomsen <i>et al.</i> , 2006	FINO-1 onderzoeksplatform, Duitsland	jacket fundering, Ø 1,5 m per paal	± 30 m diep	zone van > 20 km	gedragsverandering
				zone van 1,8 km	permanente gehoorschade
De Jong & Ainslie, 2008	Q7 windpark, Nederland	monopiles, Ø 4 m	± 20 m diep	zone van > 5,6 km	lichte vermijdingsreactie
				zone van 1,5 km	sterke vermijdingsreactie, ernstige verstoring
				zone van 500 m	tijdelijke shift in gehoordrempel
Norro <i>et al.</i> , 2010	Belwind windpark (Bligh Bank), België	monopiles, Ø 5 m	15 tot 37 m diep	zone van > 25 km	gedragsverandering
Bailey <i>et al.</i> , 2010	Moray Firth, twee windturbines ten noordoosten van Schotland	jacket fundering, Ø 1,8 m per paal	> 40 m diep	zone van 70 km	hoorbaar, mogelijk ook gedragsverandering
				zone van 20 km	sterke vermijdingsreactie, ernstige verstoring
				zone van 100 m	tijdelijke shift in gehoordrempel en permanente gehoorschade

Gedurende de constructiefase van verscheidene windparken werd het gedrag en de verspreiding van zeezoogdieren gemonitord. Er werd gemonitord bij uitvoering van zowel algemene constructiewerkzaamheden als bij heiactiviteiten. In volgende paragrafen worden de resultaten van enkele van deze monitoringscampagnes besproken:

- Bij monitoring van de Deense windparken Horns Rev I, waarbij gewerkt werd met monopiles, (Tougaard *et al.*, 2006a, 2006b; Vattenfall A/S, 2006) en Nysted, waarbij gravitaire funderingen werden geplaatst en damwanden werden ingeheid (Tougaard *et al.*, 2006c; Teilmann *et al.*, 2005, 2006c; Edrén *et al.*, 2005), werden tijdens de *algemene werken in de constructiefase* geen veranderingen waargenomen in het gedrag van zeehonden. Tijdens het *heien van de monopiles* echter werden bij Horns Rev I geen zeehonden waargenomen in en enkele kilometers buiten het windpark, als gevolg van de zeer hoge geluidsniveaus onder water, opgewekt door het heien van de palen en de gebruikte afweermechanismen. Bij deze windparken werd 'pingers' en 'seal scares' als afweermiddelen gebruikt (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Het zijn toestellen die geluiden produceren die bruinvissen en zeehonden afschrikken.

Tijdens de *algemene constructiewerkzaamheden* van het windpark Horns Rev I werd een lichte terugval in de abundantie van bruinvissen vastgesteld. Bij het windpark Nysted werd een duidelijke afname in de echolocatieactiviteit van de bruinvissen vastgesteld gedurende de algemene constructiewerkzaamheden: er werden heel wat minder bruinvissen waargenomen in de werkzone, maar ook in een zone van 10 km rond het gebied en deze die aanwezig waren vertoonden een afwijkend akoestisch gedrag. Na het eind van de bouwperiode keerde de echolocatieactiviteit van de bruinvissen nagenoeg volledig terug tot op het niveau van voor de constructie. Bij beide windparken werd ook een groot effect op bruinvissen vastgesteld in de periode van *de heiactiviteiten*. Het effect van het heien was waarneembaar tot minstens 25 km van de bouwwerf. De impact op de akoestische activiteit van bruinvissen bleek echter van korte duur: bij Horns Rev I werd ongeveer 3 à 4 uur na het beëindigen van het heien van de monopiles opnieuw een normale akoestische activiteit bij de bruinvissen vastgesteld. Tougaard *et al.* (2003) kwam eveneens tot de vaststelling dat er tijdens het heien van de palen over een afstand van 15 km van de bron een wijziging optrad in de gedragingen van de bruinvis: van het niet-gericht zwemmen gelinkt aan het zoeken naar voedsel naar het gericht zwemmen wat meestal geassocieerd wordt aan het vermijden.

- Tijdens de heiactiviteiten van het windpark OWEZ (Offshore Windpark Egmond aan Zee) in Nederland, waarbij 36 monopiles in de zeebodem gedreven werden in de periode april-juni 2006, werd eveneens monitoring van de effecten op bruinvissen uitgevoerd. Er werd gebruik gemaakt van een pinger en een ramp-up procedure (waarbij het geluidsniveau geleidelijk opgedreven wordt). Op basis van de monitoringsgegevens wordt aangenomen dat er geen gehoorschade of verhoogde mortaliteit bij bruinvissen veroorzaakt werd door de heiactiviteiten ter hoogte van OWEZ (Leopold & Camphuysen, 2008);
- Ter hoogte van het windpark Horns Rev II (Denemarken) werden in de zomer van 2008 92 monopiles met een diameter van 3,9 m in de zeebodem geheid. Tijdens de heiwerkzaamheden werd er een duidelijke afname van akoestische activiteit van bruinvissen waargenomen dicht bij de constructiesite, terwijl er helemaal geen wijziging in activiteit of zelf meer activiteit waargenomen werd op grotere afstand (Brandt *et al.*, 2009). De zone in de nabijheid van de heiactiviteiten werd vermoedelijk volledig verlaten

door bruinvissen gedurende een gemiddelde periode van 16,6 uur, en een maximale periode van 74,2 uur na het heien. Deze relatief lange hersteltijd was bijna even lang als de tijd tussen twee heiactiviteiten in, zodat de activiteit en mogelijk ook de densiteit van bruinvissen in de nabijheid van de constructiesite gereduceerd werd gedurende de gehele periode waarin heiactiviteiten plaatsvonden (5 maand).

De hersteltijd is veel langer dan diegene waargenomen bij heiactiviteiten bij de bouw van Horns Rev I, terwijl de ruimtelijke schaal waarover het vermijdingseffect werd waargenomen aanzienlijk kleiner was. Deze verschillen zijn mogelijk het gevolg van afwijkende topografie en daardoor afwijkende geluidstransmissie, en mogelijk eveneens afwijkende habitatgeschiktheid tussen beide gebieden.

Er wordt verondersteld dat de gebruikte afschrikmechanismen hun doel bereikt hebben, gezien het ontstaan van fysische schade binnen een zone 2 km van de heilocaties verwacht werd, en er op een afstand van minder dan 3 km geen dieren waargenomen werden (Brandt *et al.*, 2009).

- Monitoring tijdens de constructie van twee 5 MW windturbines (met jacket funderingen) ten noordoosten van Schotland in 2006 wees uit dat bruinvissen het gebied tijdens de constructiewerkzaamheden bleven gebruiken, hoewel in mindere mate. Uit de monitoringsgegevens bleek eveneens dat chronische verstoring ten gevolge van bijvoorbeeld scheepvaart geassocieerd met de constructiewerkzaamheden even belangrijk zou kunnen zijn als de tijdelijke verstoring van heiwerkzaamheden, althans in de zone dicht bij de turbinelocaties (1 – 2 km). Geluid voortgebracht door het heien heeft zich vermoedelijk wel over een veel grotere afstand voortgeplant dan geluid van algemene werkzaamheden.

Er werd geconcludeerd dat bruinvissen binnen een zone van 1 – 2 km van de site korte termijn reacties kunnen vertonen, maar er worden geen ingrijpende lange termijn veranderingen in het gebruik van het gebied rond de turbines vastgesteld (Thompson *et al.*, 2010).

Bepalende factoren voor het optreden van effecten op zeezoogdieren ten gevolge van heiactiviteiten zijn het geluidsdrumniveau van het bron (dat sterk afhankelijk is van de diameter en lengte van de paal en dus ook van het type fundering), de waterdiepte en kenmerken van de bodem ter plaatse (die bepalend zijn voor de propagatie van het geluid), de duur van de heiactiviteiten en de periode waarin deze activiteiten plaatsvinden.

Het heien van monopiles wordt verondersteld een significant negatief effect te hebben op zeezoogdieren in de nabijheid van de heilocaties. Het heien van jacket funderingen wordt eveneens als significant negatief beoordeeld, ondanks verwacht wordt dat het geluidsdrumniveau onder water tijdens het heien van de dunnere palen van de jacket fundering lager zal zijn, gezien de langere duur van de heiactiviteiten. Verstoring kan bruinvissen en andere zeezoogdieren verdrijven uit gebieden die het meest geschikt zijn voor hun voedselvoorziening. Gezien de seizoensaal hoge dichtheid aan bruinvissen in Belgische wateren, en de afstanden waarop verstoring kan optreden, kunnen gedragveranderingen verwacht worden voor honderden tot duizenden dieren. Er wordt niet verwacht dat heiactiviteiten ter hoogte van het North Sea Power windpark fysische schade of verstoring zullen veroorzaken bij zeehonden die deel uitmaken van de dichts bijzijnde kolonies, met name in het Natura 2000 gebied 'Voordelta' in de Nederlandse Delta, gezien de afstand van het North Sea Power windpark tot dit beschermd gebied (ca. 20 km), en gezien zeehonden overwegend dicht bij de kust verblijven, waar zich rustplaatsen en kolonies bevinden. Het is evenwel te verwachten dat

het geluid veroorzaakt door het heien voor zeehonden in een zeer ruim gebied rond de bouwwerf hoorbaar zal zijn (Di Marcantonio *et al.*, 2007).

Alle zeezoogdieren zijn beschermde soorten, waarvoor België in internationaal verband verplichtingen op zich heeft genomen ter bescherming, en om negatieve impacten zoveel mogelijk te vermijden. Walvisachtigen en zeehonden zijn nl. soorten van de Europese Habitatrichtlijn Bijlage II en IV. Dit betekent dat ze niet opzettelijk verstoord mogen worden tijdens de overwintering, voortplanting en trek (artikel 12). Het toestaan of aanvaarden van activiteiten die mogelijk de dood van beschermde soorten tot gevolg heeft, kan beschouwd worden als een inbreuk op artikel 12 van de Habitatrichtlijn. Verder heeft België ook in het kader van ASCOBANS (Overeenkomst inzake de bescherming van de kleine walvisachtigen in de Oostzee en de Noordzee) aanvaard dat de partijen zouden streven naar het vermijden van significante verstoring, in het bijzonder van akoestische aard (Conservation and Management Plan in de Bijlage van de Overeenkomst) (Di Marcantonio *et al.*, 2007). Niettegenstaande de heiactiviteiten van relatief korte duur zijn, is het project waarbij gebruik gemaakt wordt van monopiles of jacket funderingen daarom enkel aanvaardbaar (matig negatief, -) mits toepassing van een aantal mitigerende maatregelen en een monitoringsprogramma, om de kans op gehoorschade en andere significant negatieve effecten bij zeezoogdieren zo minimaal mogelijk te houden (zie verder) (Di Marcantonio *et al.*, 2009).

In tegenstelling tot monopiles en jacket funderingen worden bij gravitaire funderingen geen palen geheid, waardoor er geen 'impulsieve' geluiden van een hoog geluidsniveau geproduceerd worden. Voor de installatie van gravitaire funderingen zullen wel grote volumes sediment moeten gebaggerd worden. Hoewel het niveau van het onderwatergeluid veroorzaakt door baggerschepen tamelijk hoog is, kan het niet beschouwd worden als een 'impulsieve' of acute bron, eerder als een 'continue', 'coherente' bron. Gezien de karakteristieken van de geluidsbron, het zeer plaatselijke karakter van de werken en de grote mobiliteit van de zeezoogdieren, valt niet te verwachten dat belangrijke en langdurige negatieve effecten (onder de vorm van verstoring) te verwachten zijn, of dat de effecten belangrijker zijn dan bij het gebruik van monopiles. Het valt te verwachten dat de mogelijke gevolgen voor zeezoogdieren tijdens de constructiefase minder negatief zullen zijn bij het plaatsen van een gravitaire fundering tegenover een monopile of een jacket fundering, gezien het ontbreken van heiactiviteiten (gering negatief, 0/-) (BMM, 2006a).

4.6.5.4.2 Exploitatiefase

Fysische aanwezigheid windpark

De windturbines zijn grote constructies die de fysische karakteristieken van de omgeving opmerkelijk veranderen. Dit kan een impact hebben op bepaalde dieren: vermindering in gebruik van het gebied of het verlaten van het gebied, leidend tot inkrimping van het foerageergebied en gebied voor reproductie, en tot fragmentatie van de migratieroutes (OSPAR, 2008a). De fysische aanwezigheid van de windturbines kan anderzijds ook dieren aantrekken, die het als rustplaats kunnen gebruiken of als verdediging tegen predatoren (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

De resultaten van verscheidene monitoringsstudies in dit kader zijn niet altijd eenduidig. Observaties in het offshore windpark bij Vindeby en Tunø Knob (Denemarken) tonen aan dat bruinvissen niet verstoord werden door de fysische aanwezigheid van de windturbines wanneer deze niet actief zijn. Op het offshore windpark Nysted werd een duidelijke afname in de echolocatie activiteit van de bruinvissen vastgesteld gedurende de

exploitatie van het park (turbines in werking): er werden minder bruinvissen waargenomen in het windpark dan er buiten (Tougaard *et al.*, 2006c). De visuele impact van de roterende windturbinebladen en reflectie van licht zijn mogelijke oorzaken hiervoor (Bach *et al.*, 2000). Andere mogelijke oorzaken voor een verminderd gebruik van het windpark zijn directe verstoring tijdens de exploitatie (zoals geluid of verstoringen door onderhoudsschepen) of indirect via een beïnvloeding van hun prooien. Deze mogelijke oorzaken worden in volgende paragrafen verder besproken. Bij het windpark Nysted werd twee jaar na de start van de exploitatie nog steeds een verminderd gebruik van het windpark waargenomen, hoewel er op dat moment indicaties waren van een traag, gradueel herstel (Tougaard *et al.*, 2006c).

Ter hoogte van het windpark OWEZ (Offshore Windpark Egmond aan Zee, Nederland) werd daarentegen tot nog toe slechts een geringe indicatie waargenomen voor een verminderd gebruik van het windpark door bruinvissen tijdens de exploitatie (Scheidat *et al.*, 2008). Uit monitoringsstudies van het windpark Horns Rev werd er gedurende 2 jaar exploitatie zelfs helemaal geen effect vastgesteld op de abundantie van bruinvissen (Tougaard *et al.*, 2005, 2006b; Vattenfall A/S, 2006).

Dietz *et al.* (2000) geven aan dat de fysische aanwezigheid van windturbines vooral van belang is voor zeehonden. Reflectie van windturbines in de zon en de schaduwen van de roterende wieken kunnen in het begin zeehonden afschrikken, hoewel zij op termijn vermoedelijk gewenning zullen vertonen voor deze vorm van verstoring. Ter hoogte van de windparken Horns Rev I en Nysted werden bij de exploitatie echter geen veranderingen waargenomen in het gedrag van zeehonden bij de exploitatie (Edrén *et al.*, 2005; Teilmann *et al.*, 2005, 2006c; Tougaard *et al.*, 2006a; Vattenfall A/S, 2006). Bij monitoring ter hoogte van het OWEZ windpark (gelegen op 10 tot 18 km buiten de kust van de Nederlandse provincie Noord-Holland) werd bovendien vastgesteld dat het gebied van het OWEZ windpark zeer zelden door zeehonden doorkruist en gebruikt werd, zowel voor als na de bouw van het windpark. Voorts bleken zeehonden bij voorkeur dicht bij hun uithaalplaatsen te blijven (kustzones) en diepere zones te vermijden (Brasseur *et al.*, 2008).

De fysische aanwezigheid van het windpark heeft waarschijnlijk vrijwel geen effect (0) op zeezoogdieren. Er zal vermoedelijk gewenning optreden. Verder wordt er niet verwacht dat de fysische aanwezigheid van de kabels, ingegraven in de zeebodem, enige veranderingen zullen veroorzaken in de abundantie van zeezoogdieren.

Verstoring door geluid en trillingen

Zeezoogdieren (dolfijnen, bruinvissen) bezitten een geavanceerd sonarsysteem dat hun toelaat te navigeren en te jagen zonder gebruik te maken van andere zintuigen (echolocatie). In troebel water is dit absoluut noodzakelijk voor de overleving. Deze echolocatie zou verstoord kunnen worden door het geluid afkomstig van de operationele windturbines (Bach *et al.*, 2000). Gedurende de exploitatiefase zullen de windturbines nl. geluid produceren in de lucht en via de windturbine en de fundering ook in het water. Het geluid van operationele windturbines kan hoorbaar zijn voor bruinvissen tot op een afstand van ongeveer 50 m (Henriksen *et al.*, 2003), voor zeehonden tot een afstand van 1 km (Dolman *et al.*, 2003). De chronische blootstelling aan bijkomend lawaai kan het habitat van zeezoogdieren op die manier aantasten en verkleinen (Di Marcantonio *et al.*, 2009; Tasker *et al.*, 2010).

In het hoofdstuk 'Geluid' wordt besloten dat het geluid van de windturbine onder water in het slechtste geval zal leiden tot een verhoging van het geluidsniveau in een zone die beperkt blijft tot het gebied tussen de

windturbines en niet buiten de 500 m veiligheidsgrens zal gaan. In de samenvattende literatuurstudie van Nedwell *et al.* (2007) werd besloten dat het geluidsniveau onder water afkomstig van de windturbines zeer laag is. Slechts enkele onderwatermetingen waren hoger dan het achtergrondgeluid onder water.

Geluiden in de operationele fase kunnen een impact hebben, maar de effecten zullen waarschijnlijk gering zijn (Bach *et al.*, 2000, Dolman *et al.*, 2003; Diederichs *et al.*, 2008). Uit studies met het (gesimuleerde) geluid van een 2 MW turbine leidde men af dat bruinvissen het geluid hoorden, maar dat ze geen gedrag gerelateerd aan een vluchtreactie, angst of paniek vertoonden. Ze waren voorzichtig, maar benaderden en exploreerden zelfs de geluidsbron (Koschinski *et al.*, 2003). Uit monitoringsstudies van het windpark Horns Rev in Denemarken (Tougaard *et al.*, 2006a, 2006b; Vattenfall A/S, 2006) bleek dat het onderwatergeluid geproduceerd door 80 windturbines van elk 1,8 MW geen impact had op bruinvissen tijdens de exploitatiefase. Over de impact van grotere windturbines tijdens de exploitatie bestaat vooralsnog geen data.

Tijdens de exploitatiefase zullen de windturbines ook trillingen uitzenden aan de omgeving en dit kan een impact hebben op bodemfauna, vissen en zeezoogdieren die zich in de nabijheid van de fundering bevinden. Tot nog toe werd dit type van impact nog niet behoorlijk onderzocht en de kennis over dit onderwerp met betrekking tot zeezoogdieren is erg beperkt (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

Het effect van geluid en trillingen geproduceerd door de geplande windturbines van een minimum 3 MW tot maximum 10 MW in het projectgebied van North Sea Power kan momenteel nog niet ingeschat worden, en het is zeer moeilijk, zometer onmogelijk, dit te voorspellen. Grotere turbines zullen vermoedelijk geluid met hogere geluidsniveaus en lagere frequenties produceren (OSPAR, 2009a). Bovendien is dit geluid afhankelijk van de locatie (type ondergrond, waterdiepte, etc.), het type fundering, de windsnelheid. Het valt echter niet te verwachten dat de effecten merkbaar zullen zijn over een grote afstand en dat ze, gezien hun continue niveau, een verstorend effect zullen hebben voor zeezoogdieren in de onmiddellijke omgeving van het park (Tougaard *et al.*, 2008). Meer acute effecten, zoals trauma's of sterfte, kunnen niet verwacht worden. Eventueel kan gewenning optreden. Secundaire effecten kunnen ontstaan door het verstoren van de prooien van zeezoogdieren in en om het park. Dit is een hiaat in de kennis.

Er wordt verondersteld dat het effect van geluid en trillingen tijdens de exploitatiefase gering negatief is (0/-).

Verstoring door onderhoudswerken

Tijdens het onderhoud van het windpark kan verstoring van zeezoogdieren optreden. Mensen die het windpark binnenkomen om onderhoudswerken uit te voeren, vliegtuigen en helikopters die op lage hoogte vliegen, een toename in het scheepsverkeer, etc., kunnen de op die locatie levende dieren verstoren. Een toename in scheepsbewegingen ten behoeve van onderhoud zal bij kleine, snelle boten meer verstoring teweeg brengen dan bij zwaar, regelmatig bootverkeer (Bach *et al.*, 2000; Dietz *et al.*, 2000; Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005).

Er wordt verwacht dat onderhoudsactiviteiten een verstorend effect zullen hebben. Dit effect wordt als gering negatief (0/-) beoordeeld gezien zijn tijdelijke aard, gezien de beperkte zone op het BDNZ die zal beïnvloed worden en gezien dit gebied van de Noordzee reeds druk bevaren wordt. Bovendien kan er verwacht worden dat zeezoogdieren enige gewenning zullen vertonen ten opzichte van de onderhoudsactiviteiten binnen het windpark.

Wijzigingen in voedselbeschikbaarheid

Zoals reeds vermeld, kan tijdens de constructiefase van een windpark een afname van de vispopulatie optreden (Bach *et al.*, 2000). Er wordt echter geen permanente afname in de voedselbronnen verwacht. Tijdens de exploitatiefase kan er eventueel een toename optreden van zeezoogdieren in het park of in de omgeving van het park, door het wegvallen van visserij in het gebied, door het beschikbaar zijn van meer voedsel, en door het beschikbaar komen van andere voedselbronnen. Zo kan nl. door het plaatsen van de funderingen en erosiebescherming een nieuw, artificieel, hard substraat gecreëerd worden. Dit kan dan gekoloniseerd worden door epifauna en flora, waardoor de voedselbeschikbaarheid voor prooivissen toeneemt. Op zijn beurt kan dit leiden tot een toename van de voedselbeschikbaarheid voor zeezoogdieren (Elsam Engineering & ENERGI E2, 2005). Bovendien kan een gedeelte van de constructies (vb. aanmeerplatform) eventueel tijdelijk gedurende de getijdencyclus, een rustplaats vormen voor zeehonden (hoewel het evengoed kan zijn dat geen geschikte plaats aanwezig is op deze constructies) (BMM, 2004).

Eventueel kan men verwachten dat meer zeezoogdieren aangetrokken worden rond een gravitaire fundering in vergelijking met een monopile en een jacket fundering, doordat vermoedelijk meer vissen worden aangetrokken bij een gravitaire fundering (ten gevolge van de inbreng van hard substraat).

Het effect van veranderingen in voedselbronnen door de aanwezigheid van het windpark wordt beoordeeld als gering positief (0/+) in het geval gekozen wordt voor een monopile of een jacket funderingstype, of als matig positief (+) indien gekozen wordt voor de gravitaire fundering.

4.6.5.4.3 Ontmantelingsfase

Er wordt verwacht dat de effecten tijdens de ontmantelingsfase in een worst case scenario van dezelfde aard zullen zijn als deze tijdens de constructiefase: er zal een verstoring van de zeezoogdieren optreden. Echter doordat er tijdens de ontmantelingsfase niet geheid en gebaggerd zal worden en de harde substraten (erosiebescherming, gedeelte van de palen) normaliter worden achtergelaten, zal die verstoring een minder negatief effect hebben dan in de constructiefase.

De ontmanteling van het windpark wordt als gering negatief (0/-) ingeschat voor zeezoogdieren.

4.6.5.4.4 Bekabeling

Tijdens de constructiefase worden de kabels in de bodem ingegraven om beschadigingen te voorkomen. Het maken van de sleuf zal gebeuren hetzij via een ploeg, hetzij via jetting waarbij gebruik gemaakt wordt van een hoge druk straal om een sleuf in de zeebodem te spuiten. Simultaan met het inleggen van de kabel gebeurt het bedekken met zandig sediment. Het aanleggen van de kabels kan een tijdelijk effect hebben op zeezoogdieren. Potentiële effecten op zeezoogdieren kunnen zijn (BERR, 2008): aanvaring van de zeezoogdieren met de vaartuigen die de kabels leggen, geluid en visuele verstoring van de vaartuigen en de graafwerken (ploeg, jetting), aanraking met accidentele lozingen van brandstoffen en chemicaliën, het verstremgeld raken in de kabels. Deze effecten zijn echter tijdelijk, beperkt in omvang en wordt daardoor als gering negatief beschouwd (0/-). Na het leggen van de kabel zal de omgeving zich herstellen.

Tijdens de exploitatiefase zullen de kabels die het windpark met de kust verbinden een artificieel elektromagnetisch veld genereren, dat zou kunnen interfereren met de oriëntatiemechanismen van de zeezoogdieren. De kennis over de impact van elektromagnetische velden op zeezoogdieren is beperkt. Echter door de configuratie van drie aders in één kabel zullen de elektromagnetische velden elkaar grotendeels opheffen. De resterende veldsterkte wordt verder gereduceerd door de staalmantel rond de kabel. Volgens ABB Power Technology bedraagt het magnetisch veld op 1 meter van de kabel maximum 1,8 μT , terwijl het aardmagnetische veld in de Noordzee 48 tot 50 μT bedraagt (Di Marcantonio *et al.*, 2007).

Verder neemt de sterkte van de resterende elektromagnetische velden neemt snel af met toenemende afstand tot de kabels. Gezien de kabels bovendien op een diepte van minstens 1 m worden ingegraven en gezien zeezoogdieren niet de gewoonte hebben om dicht bij het bodemoppervlak te zwemmen, is de kans gering dat zeezoogdieren zullen blootgesteld worden aan de elektromagnetische velden gegenereerd door de kabels. Daardoor lijkt het niet waarschijnlijk dat de elektromagnetische velden opgewekt door de kabels een effect zullen hebben op zeezoogdieren (0).

4.6.5.4.5 *Besluit beschrijving en beoordeling van de effecten op zeezoogdieren*

Samenvattend worden de effecten op zeezoogdieren weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt voor zowel het North Sea Power windpark als het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	a	b		a	b
Constructiefase					
Wijzigingen in voedselbeschikbaarheid	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring (o.a. geluid en trillingen)	-	-	-	-	0/-
Exploitatiefase					
Fysische aanwezigheid windpark	0	0	0	0	0
Verstoring door geluid en trillingen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Verstoring door onderhoudswerkzaamheden	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Wijzigingen in voedselbeschikbaarheid	0/+	0/+	0/+	0/+	+
Ontmantelingsfase					
Verstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling					
Verstoring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Elektromagnetische straling	0	0	0	0	0

Bovendien zal de aanwezigheid van de reeds geplaatste turbines van C-Power en Belwind geen bijkomende effecten teweeg brengen met betrekking tot de discipline zeezoogdieren.

4.6.5.5 Leemten in de kennis

Wat betreft de zeezoogdieren, is er vrij weinig informatie voorhanden over de werkelijke effecten van onderwatergeluid en trillingen op mariene zoogdiersoorten, veroorzaakt door de constructie en exploitatie van de basistypes van windturbines van Northen (voornamelijk de grotere types, tot 10 MW). Ook is de kennis over de impact van elektromagnetische velden op zeezoogdieren beperkt.

4.6.5.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

Gezien een significante verstoring van zeezoogdieren kan optreden tijdens de constructiefase, meer bepaald tijdens het heien van palen (monopile, jacket fundering), kunnen bij uitvoering van deze activiteiten een aantal maatregelen genomen worden (Di Marcantonio *et al.*, 2009; Boon *et al.*, 2010):

- Maatregelen zonder een vermindering van het geluidsniveau:
 - Zoveel mogelijk vermijden van het uitvoeren van werken in periodes waarin zeezoogdieren in hoge aantallen voorkomen in het BDNZ;
 - Het niet aanvangen of verder zetten van de werken indien zich zeezoogdieren in de buurt van de werf bevinden;
 - Het preventief verjagen van zeezoogdieren uit het gebied rond de werf door het toepassen van akoestische toestellen waaronder pingers en seal scares (Huddleston, 2010). Een opzettelijke verstoring van zeezoogdieren is verboden (Habitatrichtlijn, K.B. van 21 december 2001), maar kan toegepast worden in het belang van de dieren zelf;
 - Het starten van het heien d.m.v. een ramp-up procedure, waarbij het maximale geluidsniveau pas na een half uur of een uur bereikt wordt;
- Maatregelen die het niveau van het geluid verminderen:
 - Het aanpassen van het heisysteem: aanpassen van het heiblok, langer contact tussen heiblok en paal, gebruik van minder energie tijdens het heien;
 - Boren in plaats van heien (vb. beschreven in Nedwell & Brooker, 2008). Het is niet duidelijk of dit technisch mogelijk is voor grotere paaldiameters;
 - Het intrillen van de paal (vibro-piling);
 - Het aanbrengen van een absorberende laag (bijvoorbeeld polyethyleenschuim) rond de paal.

Zelfs een relatief beperkte verlaging van het brongeluidsniveau tijdens heien, kan de mogelijke effecten en het gebied waarover ze kunnen voorkomen, sterk verminderen.

De doeltreffendheid van veel van deze mitigerende maatregelen wordt echter sterk in vraag gesteld (Boon *et al.*, 2010). Onderzoek naar deze doeltreffendheid is daarom aangewezen.

Er wordt bovendien aanbevolen om de periode waarin de palen geheid worden zo kort mogelijk te houden, en niet intermitterend over een lange periode te spreiden, aangezien deze laatste periode tot gevolg kan hebben dat zeezoogdieren een aantal malen verdreven worden uit een gebied.

Indien zou blijken dat bij bepaalde stappen in de constructiefase geluiden zouden ontstaan die vergelijkbaar zijn met deze die ontstaan bij het heien van monopiles of die potentieel gevaarlijk zijn voor zeezoogdieren, worden ook hiervoor de bovenbeschreven maatregelen voorgesteld.

4.6.5.7 Monitoring

Het is van belang dat de monitoring geluid en de monitoring zeezoogdieren gezamenlijk geïnterpreteerd worden bij de rapportage. Er moet nagegaan worden of er correlaties zijn tussen het geluid en de effecten op de zeezoogdieren. Zo kunnen eventuele oorzaak-effect relaties worden aangetoond.

Voor de monitoring wordt verwezen naar het voorgestelde, gedetailleerde monitoringsplan voor de reeds in uitvoering zijnde windparken dat door de BMM werd geadviseerd (Di Marcantonio *et al.*, 2009).

4.6.6 Passende beoordeling

4.6.6.1 Juridisch kader

Het beleid van de Europese Commissie is erop gericht om de biologische diversiteit in stand te houden. Belangrijke peilers waarop deze bescherming steunt, zijn de Europese Vogel (79/409/EEG)- en Habitatrichtlijn (92/43/EEG). Om de doelstellingen binnen deze richtlijnen te realiseren worden de Europese lidstaten verplicht om naast algemene beschermingsmaatregelen, ook speciale beschermingszones af te bakenen en er een gepast beheer te voeren. Deze vormen samen een ecologisch netwerk van beschermde gebieden in een Europees verband: het Natura 2000 netwerk.

Deze Europese richtlijnen werden nationaal bekrachtigd door de Wet ter bescherming van het mariene milieu onder de rechtsbevoegdheid van België (20/01/1999). In art. 7 wordt gespecificeerd dat de Koning speciale beschermingszones onder de Vogelrichtlijn (SBZ-V) of Habitatrichtlijn (SBZ-H) bestemd voor de instandhouding van zekere mariene habitats of bijzondere soorten.

Een verdere vertaling van de Europese richtlijnen en de Wet Mariene Milieu vond plaats in volgende Koninklijke Besluiten:

- Het KB van 21 december 2001 betreffende de bescherming van de soorten in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België.
- Het KB van 14 oktober 2005 betreffende de instelling van speciale beschermingszones en speciale zones voor natuurbehoud in de zeegebieden onder de rechtsbevoegdheid van België.
- Het KB van 5 maart 2006 tot instelling van een gericht marien reservaat, de 'Baai van Heist'.

Voor een gedetailleerde bespreking van het juridische kader wordt verwezen naar hoofdstuk 1, § 1.3.1.

Het concessiegebied van het windpark valt niet binnen één van de afgebakende beschermde gebieden. Beide kabeltracés met aanlanding te Zeebrugge gaan wel doorheen een speciale beschermingszone, namelijk SBZ-V3 'Zeebrugge'.

Op basis van het KB 14/10/2005 (art. 6) en KB 05/03/06 (art. 6) dient een passende beoordeling opgemaakt te worden voor de aanleg van het kabeltracé daar zij mogelijks significante gevolgen kan hebben voor het gebied. De passende beoordeling dient rekening te houdend met de instandhoudingsdoelstellingen van het betrokken gebied. Indien uit de passende beoordeling blijkt dat het project een significant negatieve invloed kan hebben op het beschermde gebied moet in de eerste plaats gezocht worden naar alternatieve oplossingen. Indien er geen alternatieve oplossingen voorhanden zijn, dient aangetoond te worden dat het project wordt uitgevoerd om dwingende redenen van groot openbaar belang, met inbegrip van redenen van sociale of economische aard het openbaar nut en kan mits de nodige compenserende maatregelen eventueel toch een toestemming verleend worden.

4.6.6.2 Beschrijving van het beschermde gebied SBZ-V3 'Zeebrugge'

4.6.6.2.1 Inleiding

Alle mariene natuurbeschermingsgebieden op het Belgische deel van de Noordzee worden weergegeven op Kaart 1.3.1. Op basis van deze figuur kan er duidelijk afgeleid worden dat voor het North Sea Power windpark enkel de SBZ-V3 'Zeebrugge' van belang is. De andere natuurbeschermingsgebieden bevinden

zich op een dermate grote afstand van het projectgebied dat er geen significant negatieve effecten op deze gebieden verwacht worden.

4.6.6.2.2 Natuurwaarden waarvoor dit gebied werd afgebakend

De speciale beschermingszone SBZ-V3 'Zeebrugge' is gelegen in de Belgische mariene wateren vóór de haven van Zeebrugge. Het gebied beslaat een oppervlakte van 57,71 km².

De criteria voor aanmelding voor SBZ-V3 die beschreven zijn in het KB van 14 oktober 2005 zijn de volgende:

- Bijlage I – soorten die regelmatig en in voldoende aantallen voorkomen (Vogelrichtlijn artikel 4): Visdief (*Sterna hirundo*), Grote stern (*Sterna sandvicensis*).
- Geregeld voorkomende trekvogelsoorten die gedurende de onderzochte periode (1992-2002) op een bepaald moment de één percent van hun biogeografische populatie hebben overschreden: Dwergmeeuw (*Larus minutus*).

Ondertussen zijn recentelijk door Degraer *et al.* (2010b) de instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd voor alle beschermde soorten en habitats in het Belgische deel van de Noordzee. Daarnaast is tevens het belang voor de verschillende speciale beschermingszones voor de vogelsoorten die in aanmerking komen voor het opstellen van instandhoudingsdoelstellingen bepaald. Op basis van Tabel 4.6.18 kan het volgende afgeleid worden:

- SBZ-V3 is van essentieel belang voor Visdief en Dwergstern (≥ 15 % van de totale BDNZ-populatie);
- SBZ-V3 is zeer belangrijk voor Fuut, Dwergmeeuw, Kleine mantelmeeuw en Grote stern (tussen de 2 % en 15 % van de BDNZ-populatie);
- SBZ-V3 is niet belangrijk voor Roodkeelduiker, Zwarte Zee-eend en Grote mantelmeeuw.

Tabel 4.6.18 : Belang van de drie Belgische Vogelrichtlijngebieden op zee en het overige deel van het BDNZ voor de vogelsoorten die in aanmerking komen voor het opstellen van instandhoudingsdoelstellingen (Degraer *et al.*, 2010b)

Soort	SBZ-V1	SBZ-V2	SBZ-V3	Overig BDNZ
Fuut	essentieel	zeer belangrijk	zeer belangrijk	essentieel
Roodkeelduiker	zeer belangrijk	zeer belangrijk	niet belangrijk	essentieel
Zwarte Zee-eend	zeer belangrijk	zeer belangrijk	niet belangrijk	essentieel
Dwergmeeuw	zeer belangrijk	zeer belangrijk	zeer belangrijk	essentieel
Kleine Mantelmeeuw	zeer belangrijk	zeer belangrijk	zeer belangrijk	essentieel
Grote Mantelmeeuw	zeer belangrijk	zeer belangrijk	niet belangrijk	essentieel
Grote Stern	zeer belangrijk	zeer belangrijk	zeer belangrijk	essentieel
Visdief	niet belangrijk	zeer belangrijk	essentieel	essentieel
Dwergstern	niet belangrijk	essentieel	essentieel	essentieel

Degraer *et al.* (2010b) stelt tevens dat SBZ-V3 vooral van belang is als foerageergebied voor de sternenpopulaties (Grote stern, Visdief en Dwergstern) die in het aanpalende Vogelrichtlijngebied 'Kustbroedvogels te Zeebrugge-Heist' tot broeden komen.

SBZ-V3 wordt druk bevaren en wordt derhalve nauwelijks gebruikt door rustminnende soorten (Degraer *et al.*, 2010b). Binnen het gebied is vooral de overgang tussen de Wenduinebank en het diepere water ten noorden daarvan van belang als foerageergebied voor sternen.

Voor de voorkomende soorten is instandhouding van de huidige oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied voldoende (zie hierna). In de broedperiode (april-augustus) is handhaving van rust in de directe nabijheid van de broedkolonie ter hoogte van het sternenschiereiland aan de oostzijde van de haven aangewezen.

4.6.6.2.3 Instandhoudingsdoelstellingen

Hierna worden op basis van Degraer *et al.* (2010b) de drie beschermde soorten waarvoor de SBZ 3 Zeebrugge werd aangemeld meer in detail beschreven, met bijzondere aandacht voor de staat van instandhouding en de instandhoudingsdoelstellingen. Voor een meer uitgebreide beschrijving van deze soorten wordt verwezen naar Degraer *et al.* (2010b).

4.6.6.2.3.1 Dwergmeeuw (*Hydrocoloeus minutus*)

Profielschets

Dwergmeeuw komt voor op de Bijlage I van de Vogelrichtlijn en is binnen het Natura 2000 netwerk op het BDNZ vooral van belang als niet-broedvogel. Deze soort is in het BDNZ vooral tijdens de najaarstrek (september-november) en nog iets prominenter tijdens de voorjaars trek (februari-april) in grote aantallen aanwezig. Het voedsel bestaat hoofdzakelijk uit vis en mariene invertebraten.

De betekenis van België als doortrekgebied is aanzienlijk omdat een groot deel van de Europese populatie (waarschijnlijk meer dan 50 %) door België trekt. De vogels blijven meestal kort aanwezig (hoge turnover) waardoor momentane bestandsopnames in het BDNZ meestal een stuk lager uitvallen (maar zeker in het voorjaar nog altijd ruim meer dan 1 % van de biogeografische populatie bedragen). Tijdens de winter is het belang minder groot en verblijft gemiddeld minder dan 1 % van de biogeografische populatie in het BDNZ.

Ecologische vereisten

De Dwergmeeuw wordt in het BDNZ vooral in een strook van 25-30 km vanaf de kust aangetroffen. Hoge dichtheden komen in deze zone o.a. voor op de Vlaamse Banken en in het oostelijke gedeelte. Verder op zee komt de soort minder frequent voor. Tijdens de voorjaars trek zijn de vogels redelijk verspreid over een strook van 25-30 km uit de kust, terwijl de najaarstrek meer kustgebonden is (merendeel binnen 15 km). Dwergmeeuwen slapen 's nachts in groepen op het water.

Dwergmeeuwen voeden zich tijdens de wintermaanden vooral met kleine visjes en mariene invertebraten die van het wateroppervlak of vlak daaronder worden gepikt. In de broedperiode worden vooral insecten gegeten. Er zijn geen specifieke gegevens over het dieet in het BDNZ.

Momenteel kent de Dwergmeeuw weinig bedreigingen in het BDNZ. Dwergmeeuwen zijn overdag weinig gevoelig voor verstoring door scheepvaart of recreatie, maar nachtelijke verstoring kan mogelijk een rol spelen. Er zijn geen gegevens over verstoring door windmolens, wat weliswaar relevant kan zijn in het BDNZ omdat een belangrijk deel van het concessiegebied zich dwars op de trekroute van deze soort bevindt.

Beoordeling staat van instandhouding in het BDNZ

- Trends in het BDNZ: Er zijn geen trendgegevens bekend van voor 1992. Na 1992 is geen duidelijke trend merkbaar in het BDNZ. Zowel in de beginperiode van de tellingen als gedurende de laatste 5 jaar werden hogere pieken opgetekend. De doortrekkpiek van de soort is met ongeveer twee weken vervroegd sinds de jaren '80 (Camphuysen, 2009).
- Beoordelingsaspect natuurlijk verspreidingsgebied: gunstig
- De Dwergmeeuw komt voor in de gehele kustzone. Het verspreidingsgebied is niet ingekrompen en wordt daarom als 'gunstig' beoordeeld.
- Beoordelingsaspect populatie: gunstig
- De Europese broedpopulatie is in de periode 1970-1990 in aantal afgenomen. Van 1990 tot 2000 is de soort over het grootste gedeelte van het verspreidingsgebied stabiel gebleven. Niettemin werden de vroegere aantallen nooit bereikt. Daarom wordt de soort door Birdlife International als 'depleted' gezien (Birdlife International, 2004). Op zee is er de laatste 17 jaar geen duidelijke trend waarneembaar. De populatiegrootte wordt daarom als 'gunstig' beoordeeld.
- Beoordelingsaspect leefgebied: gunstig
- Momenteel lijkt zowel de omvang als de kwaliteit van het leefgebied tijdens de trek en van de overwinterende populatie gunstig. Het leefgebied wordt daarom als 'gunstig' beschouwd.
- Beoordelingsaspect toekomstperspectief: gunstig
- Op grond van de lage verstoringgevoeligheid en het feit dat Dwergmeeuwen relatief laag over het water vliegen valt te verwachten dat de toekomstige inplanting van offshore windmolens in de trekroute van de soort geen belangrijke impact zal hebben. Het toekomstperspectief voor deze soort wordt als 'gunstig' beschouwd.
- Instandhoudingsdoelstelling in het BDNZ: Behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 1706 vogels (afgerond 1700 vogels). Het aantal van afgerond 1700 individuen is gebaseerd op de gemiddelde dichtheid in het BDNZ in de maanden november tot maart in de periode 1992-2009 (zeevogeldatabank INBO). Tevens wordt het behoud van een ongehinderde trekcorridor voor een groot deel van de Europese populatie vooropgesteld.
- Streefbeeld bij de instandhoudingsdoelstelling: Behoud van de huidige situatie in het BDNZ volstaat bij deze soort.

4.6.6.2.3.2 *Visdief (Sterna hirundo)*

Visdief komt voor op de Bijlage I van de Vogelrichtlijn. Binnen het BDNZ is Visdief van belang als broedvogel en als niet-broedvogel.

Profielschets

Visdief is de Sterna-soort die het minst aan de kust gebonden is, ook in het binnenland komt ze vaak tot broeden. De soort wordt vooral in het BDNZ opgemerkt van april tot oktober met de hoogste aantallen in mei. Het voedsel bestaat hoofdzakelijk uit kleine vis en invertebraten.

Het relatief belang van het BDNZ binnen Europa is belangrijk. In de broedkolonie in de haven van Zeebrugge is geregeld meer dan 1 % (1900 ex.) van de biogeografische populatie aanwezig met een maximum van 4,8 % in 2004 (o.a. Courtens & Stienen, 2004). Ook tijdens scheepstellingen worden geregeld veel meer dan 1900 vogels geteld (Figuur 41). Tijdens de trek echter gebruikt ook een onbekend deel van de vogels behorende tot de veel grotere Noord-Europese broedpopulatie het BDNZ.

Ecologische vereisten

De hoogste dichtheden van Visdief in het BDNZ komen voor binnen een strook van 10 tot 15 km uit de kust met concentraties rond Zeebrugge en tussen Oostende en Nieuwpoort. Visdieven foerageren meestal binnen een straal van ongeveer 10 km van de kolonie van Zeebrugge. Daarnaast is het zeegebied voor de haven van Oostende belangrijk als foerageergebied voor niet-broedende vogels.

Visdieven voeden zich vooral met kleine visjes en invertebraten die door middel van een ondiepe stootduik worden gevangen of van het water worden gepikt. In het BDNZ bestaat het voedsel voor de kuikens hoofdzakelijk uit kleine haringachtigen Clupeidae, zandspieringen Ammodytidae en kabeljauwachtigen Gadidae. Adulte vogels eten ook wel invertebraten zoals borstelwormen Nereis sp. en krabben (Vanaverbeke *et al.*, 2009).

Visdieven zijn gevoelig voor verstoring of verlies van de broedhabitat, predatie (voornamelijk door meeuwen en landroofdieren), nestplaatsconcurrentie (voornamelijk door meeuwen) en vervuiling (vooral persistente stoffen zoals zware metalen, PCB's en chloorkoolwaterstoffen). In de kolonie van Zeebrugge werd jaarlijks ruim 1 % van de populatie gedood door windmolens (Everaert & Stienen, 2006) en werd in een aantal jaren een zeer hoge predatiedruk door verwilderde katten en ratten vastgesteld. In 2009 werd de populatie gedecimeerd en kwam geen enkel kuiken vliegvlug als gevolg van predatie en verstoring door Vos (*Vulpes vulpes*).

Beoordeling staat van instandhouding in het BDNZ

- Trends in het BDNZ: De waargenomen trend van het voorkomen van Visdief in het BDNZ laat vooral hogere aantallen zien na 2000. Dit is deels een gevolg van het toegenomen aantal broedvogels in Zeebrugge. De aantallen op zee hangen echter onder andere ook samen met de aanwezigheid van migrerende vogels en niet-broedende soortgenoten (vooral te Oostende). Net als bij de Dwergstern is het voor de beoordeling van de staat van instandhouding relevanter om de trend in het aantal broedgevallen te beschouwen. De periode 1996-2008 kan beschouwd worden als een periode waarin de kustpopulatie redelijk stabiel was en waarin gemiddeld 2226 paren tot broeden kwamen.
- Beoordelingsaspect natuurlijk verspreidingsgebied: gunstig
- De Visdief komt in het BDNZ hoofdzakelijk voor in de kust nabije zone tot 15 km uit de kust. Het verspreidingsgebied in het BDNZ is niet ingekrompen en wordt daarom als 'gunstig' beoordeeld.

- Beoordelingsaspect populatie: matig ongunstig
- Birdlife International beschouwt de populatie van Visdief als 'secure' (Birdlife International, 2004). De Belgische populatie kustbroeders is sinds 1996 relatief stabiel. In 2009 nam de populatie sterk af door de aanwezigheid van landroofdieren in de kolonie van Zeebrugge en ook de omvang van het broedgebied te Zeebrugge was de laatste jaren onvoldoende voor een duurzame instandhouding van die populatie (Courtens *et al.*, 2009). Verwacht wordt dat de aantallen die in juni en juli in het BDNZ aanwezig zijn sterk bepaald worden door de grootte van de broedkolonies langs de kust en dan vooral deze van Zeebrugge. De populatiegrootte wordt daarom als 'matig ongunstig' beoordeeld.
- Beoordelingsaspect leefgebied: gunstig
- Aspecten die momenteel negatief inwerken op het leefgebied van Visdief vinden quasi allemaal hun oorzaak in de broedkolonie in Zeebrugge en omvatten predatie, impact door windmolens en verstoring. Op zee is het leefgebied van een 'gunstige' kwaliteit.
- Beoordelingsaspect toekomstperspectief: matig ongunstig
- Uitbreiding van de oppervlakte geschikt broedhabitat in de haven van Zeebrugge, een verminderde bereikbaarheid voor grondpredatoren en maatregelen om de impact van windmolens bij de kolonie te verminderen worden momenteel in de praktijk gebracht of zijn gepland. De effectiviteit daarvan is momenteel nog niet bewezen. Daarom wordt het toekomstperspectief voor deze soort voorlopig als 'matig ongunstig' beschouwd.
- Instandhoudingsdoelstelling in het BDNZ: In de Gewestelijke Instandhoudingsdoelstellingen wordt voor Vlaanderen het behoud van een populatie van 2300 broedparen vooropgesteld (Paelinckx *et al.*, 2009). De kustpopulatie die direct afhankelijk van het BDNZ is iets kleiner en telde gemiddeld 2226 broedparen over de periode 1996-2008. In Degraer *et al.* (2010b) wordt het behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied voor een populatie van gemiddeld 6600 individuen (2200 broedparen) vooropgesteld.
- Streefbeeld bij de instandhoudingsdoelstelling: De matig ongunstige populatieomvang en het matig ongunstige toekomstperspectief van de Visdievenpopulatie langs de Belgische kust worden bepaald door factoren die intrinsiek zijn aan het broedgebied en geen verband houden met het leefgebied in het BDNZ. Vandaar dat tenminste in het BDNZ het behoud van de huidige situatie volstaat bij deze soort. Maatregelen moeten worden genomen op het niveau van de instandhouding van de Vlaamse broedpopulatie.

4.6.6.2.3.3 Grote stern (*Sterna sandvicensis*)

Grote Stern komt voor op de Bijlage I van de Vogelrichtlijn. Binnen het BDNZ is deze soort relevant als broedvogel en als niet-broedvogel.

Profielschets

De Grote Stern is een typische kustbroedvogel. De soort wordt vooral in het BDNZ opgemerkt van maart tot september met de hoogste aantallen in mei. Het voedsel bestaat hoofdzakelijk uit vis.

Het relatief belang van het BDNZ binnen Europa is belangrijk. De in België voorkomende vogels behoren tot de West-Europese broedpopulatie die overwintert voor de kusten van Noordwest- tot Zuid-Afrika. Het aantal Grote Stern wordt voor de West-Europese populatie geschat op 166.000 tot 171.000 ex. (Wetlands International, 2006). In de broedkolonie in de haven van Zeebrugge is geregeld meer dan 1 % van de biogeografische populatie (1700 ex.) aanwezig met een maximum van 7,2 % in 2004 (o.a. Courtens & Stienen, 2004). Ook in het BDNZ werd tijdens scheepstellingen meerdere keren meer dan 1 % van de biogeografische populatie aangetroffen.

Ecologische vereisten

De hoogste dichtheden van Grote stern in het BDNZ komen voor binnen een strook van 25 tot 30 km uit de kust met concentraties rond Zeebrugge-Vlakte van de Raan, de Vlaamse Banken en tijdens de najaarstrek ook de omgeving van de Thorntonbank. Grote stern foerageren meestal in de kustwateren (tot ongeveer 15 km uit de kust), maar gaan soms tot wel 60 km ver om voedsel voor hun jongen. Verder op zee wordt de soort slechts sporadisch opgemerkt.

Grote stern voeden zich vooral met kleine vis en invertebraten die tijdens een ondiepe stootduik (tot 1,5 m diep) worden gevangen of van het water worden gepikt. In het BDNZ bestaat het voedsel hoofdzakelijk uit kleine haringachtigen Clupeidae en zandspieringen Ammodytidae (gegevens INBO). Volwassen vogels eten in het begin van het broedseizoen ook wel borstelwormen *Nereis* sp.

Grote stern zijn in de broedgebieden erg gevoelig voor verstoring (o.a. door recreanten en predatoren), overstroming, verlies van broedhabitat (o.a. als gevolg van economische ontwikkeling en vegetatiesuccessie etc.), predatie (voornamelijk door meeuwen en landroofdieren) en vervuiling. Gezien het een uitgesproken voedselspecialist is, is ze ook gevoelig voor voedselgebrek wanneer de juiste prooi-soorten of lengteklassen ontbreken (Vanaverbeke *et al.*, 2007). In de kolonie van Zeebrugge werden soms vogels gedood door windmolens (Everaert & Stienen, 2006).

Beoordeling staat van instandhouding in het BDNZ

- Trends in het BDNZ: De waargenomen trend van het voorkomen van Grote stern in het BDNZ laat een erratisch patroon zien met mogelijk hogere aantallen na 2002. Net zoals bij de andere twee sternensoorten wordt het voorkomen op zee deels bepaald door de aantallen in de kustkolonies (in het geval van Grote stern enkel Zeebrugge), maar deels ook door fluctuaties in het aantal doortrekkende individuen en veranderingen in het voedselaanbod. In 1988 werd in de haven van Zeebrugge het eerste broedgeval opgetekend van Grote stern. Sindsdien werden sterk variërende aantallen vastgesteld. In 2004 verhuisde de kolonie van de westelijke voorhaven naar het hiervoor speciaal aangelegde Sternenschiereiland aan de oostelijke strekdam van de haven. Hier kwamen maximaal 4032 koppels tot broeden in 2004. Daarna namen de aantallen jaarlijks af. Fluctuaties in het aantal broedparen hangen onder andere samen met verplaatsingen binnen de meta-populatie (ook elders vinden sterke aantalsveranderingen plaats), maar in Zeebrugge spelen tevens vegetatiesuccessie, problemen met voedsel en predatie een rol (o.a. Courtens *et al.*, 2009). In 2009 werd een vestiging van Grote stern verijdeld door een koppel vossen.

- Beoordelingsaspect natuurlijk verspreidingsgebied: gunstig
- De Grote stern komt in het BDNZ hoofdzakelijk voor in de kustwateren tot 25 à 30 km uit de kust. Vooral tijdens het broedseizoen is de soort sterk kustgebonden (tot ongeveer 15 km). Tijdens de herfsttrek worden ook verder op zee (tot 25 km) Grote stern en aangetroffen. Tijdens de voorjaartrek komt de soort sterk verspreid over het gehele BDNZ voor. Het verspreidingsgebied in het BDNZ is niet ingekrompen en wordt daarom als 'gunstig' beoordeeld.
- Beoordelingsaspect populatie: matig ongunstig
- Birdlife International beschouwt de populatie van Grote stern als 'depleted' (Birdlife International, 2004). De soort krijgt niettemin de status 'least concern' op de Europese Rode Lijst van IUCN (Birdlife International, 2009). De kolonie in Zeebrugge kent jaarlijks sterk fluctuerende aantallen. Sinds 2004 zijn de aantallen na een piek sterk afgenomen. De omvang en de kwaliteit van het broedgebied waren de laatste jaren onvoldoende (Courtenis *et al.*, 2009). Verwacht wordt dat de aantallen die in de periode mei-juli in het BDNZ aanwezig zijn rechtsreeks verband houden met de grootte van de kolonie van Zeebrugge. De populatiegrootte wordt daarom als 'matig ongunstig' beoordeeld.
- Beoordelingsaspect leefgebied: gunstig
- Aspecten die negatief op het leefgebied van Grote stern inwerken vinden voor een groot stuk hun oorzaak in de broedkolonie in Zeebrugge en omvatten predatie, impact door windmolens, verstoring en problemen met het voedselaanbod. In de meeste jaren lijkt het voedselaanbod in en rond de haven van Zeebrugge voldoende, maar in een aantal jaren werden voedselproblemen vastgesteld (o.a. Vanaverbeke *et al.*, 2007). Verder op zee is er weinig geweten van de prooibeschikbaarheid voor Grote stern. Het leefgebied op zee lijkt van een 'gunstige' kwaliteit.
- Beoordelingsaspect toekomstperspectief: matig ongunstig
- Uitbreiding van de oppervlakte geschikt broedhabitat in de haven van Zeebrugge, een verminderde bereikbaarheid voor grondpredatoren en maatregelen om de impact van windmolens bij de kolonie te verminderen worden momenteel in de praktijk gebracht of zijn gepland. De effectiviteit daarvan is momenteel nog niet bewezen. Daarom wordt het toekomstperspectief voor deze soort voorlopig als 'matig ongunstig' beschouwd.
- Instandhoudingsdoelstelling in het BDNZ: Behoud van de omvang en de kwaliteit van het leefgebied met een draagkracht voor een populatie van gemiddeld 6900 vogels (gebaseerd op de Gewestelijke Instandhoudingsdoelstellingen waarin het behoud van een populatie van 2300 broedparen wordt vooropgesteld, Paelinckx *et al.* (2009).
- Streefbeeld bij de instandhoudingsdoelstelling: De matig ongunstige populatieomvang en het matig ongunstige toekomstperspectief van de Grote sternpopulatie worden bepaald door factoren die intrinsiek zijn aan het broedgebied en geen verband houden met het leefgebied in het BDNZ. Vandaar dat tenminste in het BDNZ het behoud van de huidige situatie volstaat bij deze soort. Maatregelen moeten worden genomen op het niveau van de instandhouding van de Vlaamse broedpopulatie.

4.6.6.3 Beschrijving en beoordeling effecten

Voor een gedetailleerde beschrijving van de effecten van het leggen van de kabels wordt verwezen naar de verschillende disciplines en in het bijzonder het luik vogels onder het hoofdstuk 'Fauna en flora'. Algemeen

kan gesteld worden dat het aanleggen van het kabeltracé voor een zekere verstoring zal zorgen door enerzijds de aanwezigheid van schepen en anderzijds de omwoeling van het sediment (o.a. door jetting of een roterend getand rat (ploeg)). De impact van het kabelleggen moet bepaald worden t.o.v. de instandhoudingsdoelstellingen die voor de relevante soorten en gebieden zijn bepaald.

Als instandhoudingsdoelstelling voor het gebied SBZ-V3 wordt aangehaald dat voor de voorkomende soorten de instandhouding van de huidige oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied voldoende is. In de broedperiode (april-augustus) is handhaving van rust in de directe nabijheid van de broedkolonie ter hoogte van het sternenschiereiland aan de oostzijde van de haven aangewezen.

In relatie tot de aanleg van de bekabeling van het North Sea Power windpark naar de kust van Zeebrugge worden er met betrekking tot het garanderen van rust in de nabijheid van de broedkolonie van de stern en geen problemen verwacht. Het sternenschiereiland bevindt zich namelijk aan de oostzijde van de haven en de kabels zullen aanlanden aan de westzijde van de haven. Bovendien is de geluidsverstoring als gevolg van het kabelleggen heel gering.

Met betrekking tot de instandhouding van de huidige oppervlakte en kwaliteit van hun leefgebied, waar tevens het foerageergebied toe behoort, worden geen significant negatieve effecten verwacht ten aanzien van de Europees beschermde soorten waarvoor SBZ-V3 van essentieel en belangrijk belang is. Wat de stern (Visdief, Grote stern, Dwergstern) betreffen, voeden zij zich vooral met kleine visjes en invertebraten die door middel van een ondiepe stootduik worden gevangen of van het water worden gepikt. De hoogste dichtheden van de Visdieven en Grote stern komen voor binnen een straal van respectievelijk 10 - 15 km en 25 – 30 km uit de kust, met concentraties rond Zeebrugge en Oostende. De aspecten die op het BDNZ negatief inwerken op het leefgebied van Visdief en Grote stern vinden hun oorzaak voornamelijk in de broedkolonie van Zeebrugge (predatie, impact door windmolens, verstoring).

Dwergmeeuw wordt tijdens de voorjaars trek vooral in een strook van 25 - 30 km vanaf de kust waargenomen. Tijdens de najaars trek is deze soort meer kustgebonden (merendeel binnen de 15 km). Dwergmeeuwen voeden zich met kleine visjes en mariene invertebraten die van het wateroppervlak of vlak daaronder worden gepikt. Dwergmeeuwen bezitten tevens een lage verstoringsgevoeligheid.

Aangezien het leggen van de kabels tijdelijk van aard is en ter hoogte van de zeebodem zal plaatsvinden en de effecten ter hoogte van het wateroppervlak, waar de beschermde soorten zich voeden, heel gering zullen zijn, worden er als gevolg van deze werkzaamheden geen significant negatieve effecten verwacht op de oppervlakte en kwaliteit van het leefgebied van deze soorten. De aanwezigheid van de schepen die de kabels leggen zal evenmin een significant negatief effect hebben op deze soorten daar de SBZ-V3 reeds in de huidige situatie druk bevaren is.

Ook voor de andere soorten, waar SBZ-V3 van groot belang voor is, worden er geen significant negatieve effecten verwacht op de oppervlakte en kwaliteit van hun leefgebied als gevolg van het kabelleggen.

Er moet bijgevolg ook niet verder gezocht worden naar alternatieve oplossingen en mogelijke compenserende maatregelen (art.6, lid 4).

4.6.6.4 Milderende maatregelen

Gezien er geen significant negatieve effecten verwacht worden binnen de SBZ-V3 dringen er zich geen milderende maatregelen op.

4.6.6.5 Besluit passende beoordeling

Er zullen geen significante negatieve gevolgen optreden door de bouw van het windpark en de aanleg van het kabeltracé van het offshore windpark naar land, ter hoogte van de speciale beschermingszone SBZ-V3 en de andere mariene beschermde gebieden op het BDNZ.

4.7 ZEEZICHT & CULTUREEL ERFGOED

4.7.1 Methodologie

Als inleiding wordt een beschrijving van de referentiesituatie gegeven. Onder zeezicht wordt verstaan 'het kustlandschap en aangrenzende open wateren, inclusief zicht op zee, zicht op de kustlijn vanaf de zee' (DTI, 2005). Bij het zicht op de kustlijn worden de kenmerken van het kustlandschap beschreven en de belangen hiervan voor de toeristen, horeca-uitbaters en bewoners.

In het voorliggende MER wordt voor de referentiesituatie uitgegaan van het beschreven basisscenario bestaande uit 6 windturbines van het C-Power windpark (Thorntonbank) en 55 windturbines van het Belwind windpark (Bligh Bank).

Wat het cultureel erfgoed betreft, gaat de aandacht uit naar de wrakken die op de zeebodem aanwezig zijn enerzijds en de erfgoedwaarden die langsheen de kustlijn voorkomen anderzijds. Deze laatste staan beschreven in de Landschapsatlas (Min. VI. Gem., 2001). Voor de ligging van scheepswrakken wordt gebruik gemaakt van de inventarisatie van de wrakken in het kader van het GAUFRE-project (Maes *et al.*, 2005), en van twee databanken (<http://www.vlaamsehydrografie.be/wrakkendatabank.htm> en <http://www.wrecksite.eu/>).

Bij de effectbeschrijving en -beoordeling worden de effecten van de bouw, exploitatie en ontmanteling van de windturbines en de bekabeling op het cultureel erfgoed (zijnde de wrakken) enerzijds, en op het zeezicht anderzijds beschreven. Bij de bespreking en beoordeling van de impact op het zeezicht wordt gebruik gemaakt van nieuwe fotosimulaties en van de resultaten van het enquêteonderzoek dat in de zomer van 2009 uitgevoerd werd door Grontmij in het kader van de monitoring van de effecten van offshore windparken op het landschap (Grontmij, 2010).

4.7.2 Referentiesituatie

4.7.2.1 Zeezicht

4.7.2.1.1 *Zicht op zee en op de kustlijn*

Als referentiesituatie wordt het zicht op zee beschouwd. Het zicht over zee is op de meeste plaatsen vanaf de Belgische kustlijn ongestoord. De zee en het strand wordt door de bevolking als positief ervaren. De kust is namelijk een belangrijke toeristische trekpleister in België, zowel voor de ééndagstoeristen als voor het verblijfstoerisme. Daarnaast wordt de Belgische kust ook door velen verkozen als tijdelijke of permanente verblijfplaats. De aantrekkingskracht van de zee en het strand spelen hierin de belangrijkste rol.

Beweging in het landschap veroorzaakt door vrachtschepen, vissers, recreatievaart, surfers, etc. vormen een onderdeel van de landschapsbeleving voor de mensen op de dijk. Vooral ter hoogte van de zeehavens is er een druk verkeer van af- en aanvarende schepen.

In tegenstelling tot het zicht op zee wordt het zicht op de kustlijn in de richting van het binnenland gekenmerkt door een opeenvolging van hoogbouw. Dit is vooral het geval in de badsteden Knokke-Heist, Blankenberge en Oostende. Slechts op enkele plaatsen wordt deze opeenvolging van appartementsblokken onderbroken door open ruimtes of laagbouw (bv. in De Haan). Aan de oostkust is er ter hoogte van het Zwin nog een open verbinding tussen de zee en het binnenland en komt er een uitgebreid en waardevol slikken-

en schorrengebied voor. Aan de westkust ligt de IJzermonding en is een uitgestrekt duinengebied aanwezig. De Haven van Zeebrugge geeft een sterk dominerend karakter aan de kustzone. Het landschap wordt beïnvloed door de aanwezigheid van de windturbines op de oostelijke strekdam, (bouw-)kranen, de LNG-terminal en andere havengebonden activiteiten.

4.7.2.1.2 *Beleving en appreciatie van de kust en het zeelandschap*

Bij een enquêteonderzoek (uitgevoerd in 2009 bij 1.000 personen) werd in het kader van monitoring van de effecten van offshore windparken op het landschap ondermeer gepolst naar de beleving en de appreciatie van de kust (Grontmij, 2010). Op dertien mogelijkheden zijn volgende aspecten van de kust de meest gewaardeerde (in aflopende volgorde):

- Het strand, de zon, de zee (zonnen en zwemmen);
- Wandelingen langs de zee, in de duinen of de dijk, uitwaaien in de frisse lucht;
- De gezelligheid en de vakantiesfeer;
- De natuur, de zuivere en gezonde lucht (duinen, zeevogels en natuurreervaten);
- De rust en de stilte;
- Het weidse landschap met vergezichten, het zicht op zee.

‘Het weidse landschap met vergezichten, het zicht op zee’ werd door iets meer dan een kwart van de bevroagden aangegeven. Gezien bovendien eveneens kan aangenomen worden dat de factor landschap ook zeer belangrijk is bij ‘wandelingen langs de zee, in de duinen of de dijk, uitwaaien in de frisse lucht’, kan besloten worden dat het zeezicht een zeer belangrijke rol speelt in de beleving en appreciatie van de kust.

Het zeelandschap werd door de bevroagden voornamelijk beschreven als rustig en stil, natuurlijk, oneindig, weids en open, en werd duidelijk positief beoordeeld, als mooi, aantrekkelijk, ‘vrijheid’, etc.

Storende elementen aan de kust en het zeelandschap zijn de vervuiling van de zee, vuilnis op het strand, de haven en de industrie van Zeebrugge/Oostende, de windturbines op zee of aan de haven van Zeebrugge, de drukte van het toerisme (auto’s, mensen...), strandcabines, etc.

4.7.2.1.3 *Natuurwaarde*

Op zee kan gesteld worden dat de belangrijkste natuurwaarde zich in de zone bevindt die het dichtst bij de kust gelegen is; namelijk in de eerste zes nautische mijl van de territoriale wateren. In deze zone bevinden zich de Speciale Beschermingszones in het kader van de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn (KB 14/10/2005), en het gericht marien reservaat ‘Baai van Heist’ (KB 05/03/2006). Het potentiële nieuwe Habitatrichtlijngebied dat in juli 2010 door de dienst Marien Milieu (FOD Leefmilieu) bij de Europese Commissie werd aangemeld³⁰, strekt zich vanaf de kust veel dieper in zee uit en beslaat een oppervlakte van ca 1000 km² (ca. 1/3 van het BDNZ) (Kaart 1.3.1).

³⁰ Na aanmelding van het gebied door de dienst Marien Milieu bij de Europese Commissie zal de Europese Commissie vervolgens het gebied opnemen in de Europese lijst van de ‘Gebieden van Communautair Belang’. De volgende stap is de aanwijzing van het gebied (conform Belgisch recht) waarna een beleidsplan zal opgesteld worden.

Vanuit een meer algemeen natuurstandpunt kan gesteld worden dat de natuurwaarde het hoogste is dichtbij de kust (o.a. de Vlaamse banken) en afneemt naarmate men verder offshore gaat. Daarnaast is een west-oostelijke gradiënt waarneembaar met een concentratie van natuurgebieden aan de westkant. Op land zijn er waardevolle kuststrookgebieden ter hoogte van het Zwin, de Baai van Heist, de kustlijn van de gemeente De Haan, de duinengordel ter hoogte van Bredene, de IJzermonding en het Westhoekreservaat.

4.7.2.2 Cultureel erfgoed

De bescherming van landschappen en de instandhouding, het herstel en het beheer van de in het Vlaamse gewest gelegen beschermde landschappen waaronder de kust zelf, wordt geregeld door het decreet van 16 april 1996 (gewijzigd het decreet van 21 december 2001). Hierbij wordt een juridische grondslag gegeven aan de 'landschapsatlas' en de 'landschapskenmerkenkaart' als beleidsdocumenten.

De landschapsatlas (Min. VI. Gem., 2001) geeft aan waar de historisch gegroeide landschapstructuur tot op vandaag herkenbaar gebleven is en duidt deze aan als relictten van de traditionele landschappen. De relictten worden geclassificeerd naar de ruimtelijke dimensie die ze in het landschap bezitten, ze kunnen onderverdeeld worden in punt-, lijn- en vlakvormige relictten.

Relictzones zijn gebieden met een grote dichtheid aan punt- en lijnrelictten, zichten en zones waarin de samenhang tussen de waardevolle landschapselementen belangrijk is voor de gehele landschappelijke waardering. Puntrelictten worden gevormd door monumenten en kleine cultuurhistorische landschapselementen of complexen ervan, en hun onmiddellijke omgeving. Ze kunnen al dan niet beschermd zijn. Lijnrelictten worden gevormd door lijnvormige elementen zoals dijken, wegen, waterlopen of complexen ervan, en hun onmiddellijk aangrenzende ruimte.

Sommige relictten vormen complexen van erfgoedelementen die één geheel vormen. Deze worden samengevoegd tot een ankerplaats. Ankerplaatsen zijn de meest landschappelijk waardevolle gebieden voor Vlaanderen. Ze zijn binnen de relictzone uitzonderlijk inzake gaafheid of representativiteit, of nemen ruimtelijk een plaats in die belangrijk is voor de zorg of het herstel van de landschappelijke omgeving, of ze zijn uniek.

In Tabel 2.6.4 worden de relictzones, ankerplaatsen en puntrelictten langs de kustlijn gegeven. Het betreft vooral duin- en poldergebieden, de IJzermonding en het Zwin met zijn uitzonderlijke landschapsecologische waarde als slikke- en schorregebied.

Tabel 4.7.1: Relictzones, ankerplaatsen en puntrelictten langs de kustlijn

Relictzone	Zwin en duinen van Knokke-Heist
	Duinen Oostkust
	Zwinpolders tussen Knokke-Heist en Damme
	Oude Hazegraspolder en Golfplein Knokke-Heist
	Duinen Westkust
	Duinen Middenkust
	IJzermonding

Ankerplaats	Zwinlandschap
	Strand en Duinen Fonteintjes
	Uitkerkse polder
	Duinbossen tussen Oostende en Wenduine met Concessie De Haan
	Westhoekduinen-Duinen Cabourg-De Moeren-Plateau van Izenberge
	Duinen Ter Yde-Hannecartbos-Oostvoorduinen
	Doornpanne
	IJzermonding-St-Laureinsduinen
	Duinen Raverszijde
Puntrelicten	Pier Blankenberge
	Vuurtoren Heist
	Kleine vuurtoren Lichtopstand Heist
	Fort Napoleon
	O.l.v. Ter Duinen Visserskapel
	Consessie De Haan
	Hubertturbine

Op zee bestaat het cultureel erfgoed voornamelijk uit scheepswrakken. Door de Wet van 9 april 2007 betreffende de vondst en de bescherming van wrakken bestaat de mogelijkheid om wrakken te beschermen. Kaart 4.7.1 geeft een beeld van de ligging van scheepswrakken in het Belgische deel van de Noordzee op basis van de inventarisatie die uitgevoerd werd in het kader van het project GAUFRE (Maes *et al.*, 2005).

Kaart 4.7.1: Ligging van scheepswrakken in het Belgische deel van de Noordzee, op basis van de inventarisatie van wrakken in het kader van het project GAUFRE (Maes *et al.*, 2005)

4.7.3 Autonome ontwikkeling

Een ontwikkeling die een wijziging in het zeelandschap zal aanbrengen, is de (verdere) bouw van de momenteel vergunde windparken (C-Power, Belwind en Eldepasco). De impact van deze windparken op het zeezicht vanaf de kust is voornamelijk afhankelijk van de afstand van het windpark tot de kustlijn. Het dichtst bij de kust gelegen en dus potentieel meest zichtbare vergunde windpark is op dit ogenblik het C-Power windpark (Thorntonbank), op een afstand van 27 km uit de kust van Zeebrugge.

Foto 4.7.1 (Bijlage 4.7.1) geeft het zeezicht vanaf de dijk van Blankenberge zoals het verwacht wordt te zijn wanneer de drie momenteel vergunde parken volledig gebouwd zijn. Bij het enquêteonderzoek uitgevoerd in de zomer van 2009, beoordeelde bijna 78 % van de respondenten dit zicht als (zeer) aanvaardbaar (Grontmij, 2010).

Bijlage 4.7.1: Selectie van fotosimulaties opgemaakt door Grontmij in 2009, in het kader van de monitoring van de effecten van offshore windparken op het landschap (Grontmij, 2010)

Foto 4.7.1: Simulatie van de drie gekende vergunde windparken (C-Power, Eldepasco en Belwind), standpunt op de zeedijk in Blankenberge (Bron: Grontmij, 2010)

Naast de bouw van de windparken zou het zeezicht mogelijks gewijzigd kunnen worden door de ontwikkelingen in de scheepvaartsector. De groei van de havens en de vraag naar grotere schepen zou het bestaande beeld kunnen wijzigen. Wat betreft de autonome ontwikkeling van het cultureel erfgoed kan gesteld worden dat er momenteel geen ontwikkelingen gepland zijn die het cultureel erfgoed zouden kunnen wijzigen.

4.7.4 Effecten

4.7.4.1 Effecten op zeezicht

4.7.4.1.1 Constructiefase

De bouw van het North Sea Power windpark wordt voorzien op 2 jaar. Het plaatsen van de installaties in zee gebeurt in de periode waarin de weerscondities doorgaans het meest geschikt zijn voor dergelijke technisch moeilijke operaties (kalm, helder weer). Dit houdt in dat de werken hoofdzakelijk van april tot oktober zullen plaatsvinden, waardoor deze zullen samenvallen met het toeristisch hoogseizoen. Men opteert echter ook steeds meer om door te gaan met het bouwen tijdens de wintermaanden: kalm en koud weer is eveneens geschikt voor constructiewerkzaamheden.

Tijdens de bouw van de windturbines zal er een tijdelijke visuele wijziging van het landschap optreden op zee ten gevolge van het af- en aanvaren van schepen met materiaal en ten gevolge van de aanwezigheid van platformen en installatieschepen ter hoogte van de bouwlocatie op zee. Ook op land kan het landschap tijdelijk wijzigen, wanneer ervoor geopteerd wordt om premontage van turbines en andere onderdelen van het windpark uit te voeren op een bouwlocatie in een nabijgelegen haven. De beleving van deze activiteiten kan zowel negatief (rustverstoring) als positief (toeristische attractie) beoordeeld worden. Gezien het tijdelijke karakter van de werken wordt de impact van de bouw van het North Sea Power windpark op het zeezicht als verwaarloosbaar (0/-) ingeschat.

4.7.4.1.2 Exploitatiefase

Zeezicht vanaf de kust

De zichtbaarheid van een windpark wordt bepaald door een combinatie van parameters: de afstand van het windpark tot de waarnemer, de schaal en configuratie van het windpark (aantal turbines, onderlinge afstand tussen de turbines, inplantingspatroon...), de lay-out van de turbines (kleur, grootte...), weersomstandigheden en contrast, etc. Het North Sea Power windpark wordt gebouwd op 20 tot 30 km van de kust, in een zone ten zuidoosten van de Thorntonbank langs de grens met Nederland. Er worden drie alternatieve configuraties bestudeerd (Tabel 3.3.1).

Tabel 4.7.2: Configuratiealternatieven North Sea Power

Configuratie	Aantal turbines	Rotor-diameter	Individueel vermogen	Naafhoogte (boven LAT ³¹)	Totale hoogte (boven LAT)	Maximale breedte rotorbladen	Maximale diameter van de mast
Configuratie 1	86	120 m	3 – 4,5 MW	ca. 82 m	ca. 142 m	ca. 4 m	ca. 4,5 m
Configuratie 2	74	130 m	5 – 6,5 MW	ca. 95 m	ca. 160 m	ca. 4 m	ca. 7 m
Configuratie 3	47	150 m	7 – 10 MW	ca. 117 m	ca. 192 m	ca. 6,2 m	ca. 7,2 m

De afstand in combinatie met de natuurlijke kromming van de aardbol resulteert in een gedeeltelijk ‘verdwijnen’ van de windturbines achter de horizon. Op een afstand van 20 km (kortste afstand van de kust tot het North Sea Power windpark) en gezien vanaf het strand, zal enkel het onderste gedeelte van de mast (ca. 15 m) door de natuurlijke aardbolkromming verdwijnen achter de horizon. Turbines die op grotere afstand van de kust staan, zullen voor een groter deel achter de horizon verdwijnen (tot ca. 40 m op een afstand van 30 km) (DTI, 2005). Voor een waarnemer op de dijk zal de visuele impact groter zijn dan voor een waarnemer op het strand, gezien het hoger gelegen gezichtspunt.

Een tweede factor die de zichtbaarheid van het windpark aan de kust bepaalt, is het scheidend of oplossend vermogen van het menselijk oog. Dit bedraagt gewoonlijk maximaal 1 boogminuut. Op 20 km afstand zijn derhalve theoretisch slechts objecten te onderscheiden die breder zijn dan 5,8 m. Op 30 km afstand kan het menselijk oog objecten onderscheiden die breder zijn dan 8,75 m. Theoretisch gezien zullen dus voornamelijk de grootste turbines (configuratie 3) die het dichtst bij de kust gesitueerd zijn, het beste te onderscheiden zijn.

Er zijn slechts weinig dagen per jaar waarop zeezicht mogelijk is tot 20 à 30 km. Jaarlijks is het zicht maar in 10 % van de tijd meer dan 20 km en slechts in 1 % van de tijd meer dan 30 km (Grontmij, 2008). Het contrast tussen de turbines en de lucht is afhankelijk van het weertype en van de kijkrichting ten opzichte van de zonnestand. Met de zon in de rug steken de turbines wit af tegen de lucht, bij tegenlicht zijn ze donker tegen een lichtere lucht. Bij grijs weer is er ook weinig contrast en is de zichtbaarheid minder. Verder bepaalt ook de stand van de rotorbladen de zichtbaarheid. Bij een stand haaks op de kijkrichting is de zichtbaarheid het grootst.

In het kader van voorliggend MER werden visualisaties gemaakt van de drie configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark³², samen met de reeds gebouwde 6 turbines van C-Power en 55 turbines van Belwind. Er werden in eerste instantie verschillende gezichtspunten aan de kust gehanteerd (Figuur 4.7.1):

- **Locatie A, ter hoogte van de zeedijk van Knokke.** De windturbines van het North Sea Power windpark staan op een afstand van ca. 24 tot 30 km;
- **Locatie B, ter hoogte van de zeedijk van Zeebrugge.** De haven van Zeebrugge valt rechts buiten het beeld. De windturbines van het North Sea Power windpark staan op een afstand van ca. 20 tot 29 km;

³¹ LAT = ‘Lowest Astronomical Tide’ of laagste astronomische getij: het laagste getijdenniveau dat voorspeld kan worden onder gemiddelde meteorologische omstandigheden en onder elke combinatie van astronomische omstandigheden.

³² De visualisaties zijn gebeurd op een eerste ontwerp van de drie configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark. Een optimalisatie van de park lay-out heeft nadien (februari 2011) nog plaatsgevonden in het kader van de gewijzigde windconcessiezone (KB 17/05/2004, gewijzigd bij 28/09/2008 en 03/02/2011). Het gaat hier om een verschuiving van een beperkt aantal turbines over een afstand van ca. 25 tot 250 m, die visueel niet zichtbaar zijn op een afstand van 20 km. Op basis hiervan kan gesteld dat voorliggende simulaties geldig blijven voor deze geoptimaliseerde lay-outs.

- Locatie C, ter hoogte van de zeedijk van Blankenberge. De windturbines van het North Sea Power windpark staan op een afstand van ca. 20 tot 29 km.



Figuur 4.7.1: Locaties aan de kust van waaruit foto's werden genomen voor visualisaties van het North Sea Power windpark

De foto's die als basis voor de montages genomen werden, zijn genomen bij helder weer en zeer goed zicht, in februari 2008. Op dat moment was er nog geen enkele windturbine in de juridisch afgebakende zone voor windparken gebouwd. Alle visualisaties worden weergegeven in Bijlage 4.7.2, en geven dus de zichtbaarheid van de windparken weer onder de meest realistische atmosferische omstandigheden. Er werden in totaal twaalf visualisaties gemaakt:

- Er werden visualisaties gemaakt vanuit drie gezichtspunten;
- Telkens drie configuratiealternatieven per gezichtspunt;
- Gezien de Britannia C-150 turbine van Clipper Windpower (10 MW) momenteel nog in ontwikkeling is, staat de kleur van de mast en de rotorbladen nog niet vast. Daarom werden voor configuratiealternatief 3 telkens de twee meest realistische opties gevisualiseerd: witte of grijze turbines.

Bijlage 4.7.2: Visualisaties van het basiscenario (Foto's: Grontmij; Simulaties en montage: ARCADIS Nederland)

Bijkomend werden 3 simulaties gemaakt onder 'worst case' omstandigheden (i.e. de omstandigheden waarbij verwacht wordt dat het North Sea Power windpark vanaf de kust het beste zichtbaar zal zijn):

- De visualisatie werden gemaakt met een gezichtspunt vanaf het strand van Blankenberge, waarbij geen enkel 'visuele obstakel' (zoals paaltjes, strandhutten...) op de voorgrond aanwezig is;
- Er werd een maximaal contrast van de turbines ten opzichte van de omgeving gehanteerd (vermoedelijk een eerder zelden voorkomende situatie);
- De drie configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark werden gesimuleerd, samen met de reeds gebouwde 6 turbines van C-Power en 55 turbines van Belwind;
- Bij configuratiealternatief 3 werd gewerkt met een witte kleur van de turbines (verondersteld als het meest opvallende, zie verder).

Bij helder weer en goed zicht zal het North Sea Power windpark (of ten minste een gedeelte ervan) waarneembaar zijn vanaf het strand van verscheidene kuststeden. Een windpark is vrij contrasterend met het bestaande zeelandschap en sluit niet aan bij de bestaande landschappelijke kenmerken van het zeezicht. Ondermeer door de verticaliteit van een windpark werkt de aanwezigheid ervan schaalverkleinend. De zichtbare aanwezigheid van het North Sea Power windpark zal daarom de beleving van het zeelandschap beïnvloeden.

Uit het enquêteonderzoek (zomer 2009) kan niet afgeleid kan worden dat deze beïnvloeding van het zeezicht grotendeels negatief ervaren wordt (dit in tegenstelling tot de resultaten van een gelijkaardige enquête uit 2002) (Grontmij, 2010). In 2009 werd er een eerder positieve houding vastgesteld ten opzichte van windparken op zee. De mate van aanvaarding neemt wel duidelijk af naarmate het aantal turbines stijgt en de afstand tot de kust afneemt, m.a.w. naarmate de procentuele inname van de horizon en dus de zichtbaarheid van de windparken toeneemt.

Bij het enquêteonderzoek van 2009 werd aan de respondenten ondermeer een simulatie getoond (Foto 4.7.2) waarbij de volledige juridisch afgebakende zone voor windturbines op zee wordt ingenomen (zoals afgebakend door het KB van 17 mei 2004, ongewijzigd), en gevraagd of zij de afstand van de turbines tot het strand aanvaardbaar vinden (deze afstand staat gelijk aan de kortste afstand van het ongewijzigde³³ North Sea Power concessiegebied tot de kust). Meer dan 62 % van de bevroagden vindt de afstand aanvaardbaar, en meer dan 13 % aanvaardt deze afstand enigszins. Bijna 20 % vindt de afstand niet aanvaardbaar (Grontmij, 2010).

Foto 4.7.2: Simulatie van de volledige inname van de zone voor windparken (zoals afgebakend door het KB van 17 mei 2004, ongewijzigd), standpunt op de zeedijk in Blankenberge (Bron: Grontmij, 2010)

Factoren die de beleving en aanvaardbaarheid van windparken op zee positief *kunnen* beïnvloeden, zijn de lay-out van de windturbines en het patroon en de oriëntatie van het windpark:

- Geometrische opstelling van een windpark ten opzichte van de kustlijn: het plaatsen van de turbines in een ordelijk ruimtelijk patroon kan de zichtbaarheid van het windpark reduceren, wanneer de waarnemer aan de kust recht op de rijen turbines zicht heeft. De rijen turbines bij de drie configuratiealternatieven

³³ De concessiezone van North Sea Power werd toegekend op 5/10/2009. Een wijziging van de zone in overeenstemming met het KB 03/02/2011 wordt door Norther aangevraagd. De wijziging bestaat uit een uitbreiding van het toegekende concessiegebied in zuidelijk richting, tot een totale oppervlakte van ca. 44 km².

van North Sea Power zijn voornamelijk noordwest tot zuidoost georiënteerd³⁴. Als gevolg daarvan zal een waarnemer in Knokke recht op enkele rijen turbines uitkijken en vermoedelijk een kleiner aantal turbines kunnen onderscheiden dan een waarnemer in Zeebrugge of Blankenberge. Ter hoogte van Zeebrugge en Blankenberge is het geometrisch patroon niet of nauwelijks zichtbaar (t.g.v. een schuine kijkhoek ten opzichte van de rijen turbines). Gezien de rijen turbines bij de drie configuratiealternatieven allen gelijk georiënteerd zijn, bestaat er voor dit criterium geen voorkeur voor één van de alternatieven.

- Kleur van de turbines: wit gekleurde turbines zijn doorgaans opvallender dan grijze turbines. Dit verschil is enigszins zichtbaar op de diverse simulaties die voor configuratiealternatief 3 gemaakt werden. Het gebruik van (grijs)blauwe tinten kan mogelijk resulteren in nog verdere camouflage van de turbines. Vanuit het oogpunt van veiligheid op zee wordt te sterke camouflage van de turbines echter afgeraden aangezien goede zichtbaarheid van de turbines juist gewenst is om de kans op aanvaring te reduceren.
- Afmetingen van de turbines: grote turbines zoals de 10 MW turbines van Clipper Windpower torenen hoger boven de horizon uit en zijn door het menselijk oog beter te onderscheiden in vergelijking met kleinere turbines. De opvallender aanwezigheid van grotere turbines is waarneembaar op de fotosimulaties van configuratie 3, in vergelijking met de simulaties van configuraties 1 en 2 (Bijlage 5.3.1). Op basis van dit criterium hebben configuraties 1 en 2 een lichte voorkeur op configuratie 3.

Uit de simulaties blijkt ook het belang van reeds aanwezige elementen. Indien uitgegaan wordt van een situatie waarbij geen andere verstoringselementen (in de vorm van bestaande structuren, toeristen, scheepvaart, etc.) aanwezig zijn (zoals in het 'worst case' scenario), dan wordt de verstoring van het zeezicht door het North Sea Power windpark als matig (conf. 1 & 2) tot significant (conf. 3) negatief beoordeeld. Onze Belgische kust is echter een belangrijke toeristische trekpleister, waarbij deze 'neutraliteit' onder goede weersomstandigheden naar alle waarschijnlijkheid slechts beperkt voorkomt, zeker gezien op de dijk zelf reeds veel vaste structuurelementen voorkomen. De eerste reeks van simulaties benaderen in dit opzicht veel meer de werkelijkheid, en geven een realistischer beeld voor de inschatting van de verstoring van het zeezicht. Hierbij rekening houdende met het beperkt voorkomen van ideale optische omstandigheden, wordt de impact op het zeezicht als gering (0/-; conf. 1 & 2) tot matig (-; conf. 3) negatief beoordeeld.

Het is bovendien belangrijk om het publiek open en uitgebreid te informeren, door middel van bijvoorbeeld gedetailleerde visualisaties of informatieborden op de dijk (goede informatie als 'passieve' participatie). Dergelijke passieve participatie kan de aanvaardbaarheid van windparken op zee sterk in de hand werken.

Zeezicht van op zee

Bij het enquêteonderzoek van 2009 in het kader van de monitoring van de effecten van offshore windparken op het landschap, werd aan de respondenten eveneens een simulatie voorgelegd met een zicht op de windparken van op de zee. Hiervoor werd de situatie met volledige inname van de juridisch afgebakende zone voor windparken op zee gebruikt. De kortste afstand tot een turbine is ongeveer 700 meter, de kijkrichting is van de kust af richting het noordwesten (Foto 4.7.3).

³⁴ De diverse configuraties zijn zodanig ontworpen dat de oppervlakte binnen het toegekende concessiegebied energetisch optimaal benut wordt.

Foto 4.7.3: Simulatie van de volledige inname van de zone voor windmolens op zee, zicht van op zee, standpunt op 700 m van dichtste windturbine, kijkrichting noordwesten (Bron: Grontmij, 2010)

Volgens bovenstaand onderzoek is voor 55 % van de bevroagden is dit zicht van op zee (zeer) aanvaardbaar. Bijna één op de drie vindt dit zicht onaanvaardbaar, nog eens 10,7 % zeer onaanvaardbaar. Ook hier spelen de afstand tot de turbines en de procentuele inname van de horizon een grote rol in de aanvaardbaarheid, hoewel eveneens de zichtbare bebakening van belang kan zijn in deze negatievere beleving.

Bebakening en verlichting

Voor bebakening en verlichting wordt er steeds gewerkt volgens de IALA en ICAO Richtlijnen en volgens mogelijke bijkomende richtlijnen van de bevoegde instanties. Deze bebakening en verlichting wordt besproken in Hoofdstuk 2 van voorliggend MER (§ 2.4.1.12). Bebakening en verlichting worden aangebracht ten behoeve van de veiligheid met als doel de turbines op zee duidelijk zichtbaar te maken, zowel 's nachts als overdag. Bij daglicht zal de verlichting voor een waarnemer vanaf de kust opgaan in de helderheid van de dag, maar 's nachts is het wel mogelijk dat de verlichting zichtbaar zal zijn vanaf de kust (onder optimale atmosferische condities die de zichtbaarheid bevorderen).

Foto 4.7.4 geeft het gesimuleerde zeezicht bij nacht vanaf de dijk van Blankenberge wanneer de volledige zone voor windparken (zoals afgebakend door het KB van 17 mei 2004, ongewijzigd) volgebouwd is. Bij het enquêteonderzoek dat in de zomer van 2009 uitgevoerd werd, beoordeelde bijna 90 % van de respondenten dit zicht als (zeer) aanvaardbaar (Grontmij, 2010).

Foto 4.7.4: Simulatie van de volledige inname van de zone voor windparken (zoals afgebakend door het KB van 17 mei 2004, ongewijzigd), nachtzicht met veiligheidsverlichting, standpunt op de zeedijk in Blankenberge (Bron: Grontmij, 2010)

Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op zeezicht

De impact van de aanwezigheid van het North Sea Power windpark op het zeezicht wordt beoordeeld als gering (0/-) (configuratie 1 en 2) tot matig (-) (configuratie 3) negatief op basis van een realistische kustbeeld en het gegeven van een beperkt voorkomen van optimale atmosferische condities inzake zichtbaarheid. Het vooraf informeren van het grote publiek kan positief bijdragen tot de aanvaardbaarheid van een project en wordt als meerwaarde gezien.

4.7.4.1.3 Ontmantelingsfase

De effecten op het zeezicht zullen tijdens de ontmantelingsfase gelijkaardig zijn aan diegene tijdens de bouwfase. Deze zijn verwaarloosbaar (0/-).

4.7.4.1.4 *Bekabeling*

De aanleg van de parkkabels tussen de turbines en de aanleg van de exportkabel(s) naar de kust betekent een minimale verhoging van de scheepsbewegingen op zee. Daarom wordt de impact van de installatie van de kabels op het zeezicht als nagenoeg onbestaande (0) beoordeeld.

4.7.4.1.5 *Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op het zeezicht*

Samenvattend worden de effecten op het zeezicht weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	<i>a</i>	<i>b</i>		<i>a</i>	<i>b</i>
Constructiefase					
Stijging scheepvaartverkeer door bouwactiviteiten	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Exploitatiefase					
Zeezicht vanaf de kust	0/-	0/-	0/-	-	-
Zeezicht van op zee	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bebakening en verlichting	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					
Stijging scheepvaartverkeer door ontmantelingsactiviteiten	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling					
Stijging scheepvaartverkeer	0	0	0	0	0

4.7.4.2 *Effecten op cultureel erfgoed*

4.7.4.2.1 *Constructiefase*

De bouw van het windpark zal geen direct of indirect effect hebben op het cultureel erfgoed langs de kustlijn Knokke-Oostende. De landschappelijke waarde van de relictzones, ankerplaatsen en puntrelicten zal niet worden aangetast. Het behoud van de landschappelijke relictten, zoals de Fonteintjes, het Zwin, etc. is van bijzonder belang, maar komt niet in het gedrang door de bouw van het windpark.

Op basis van de bestaande databanken rond scheepswrakken en de inventarisatie van de scheepswrakken die uitgevoerd werd in het kader van het project GAUFRE (Maes *et al.*, 2005) kan er afgeleid worden dat er ter hoogte van het concessiegebied van North Sea Power geen wrakken gelegen zijn. Ook bij het hydrografisch en geofysisch onderzoek uitgevoerd in mei en juli 2010 werden geen wrakken gedetecteerd in dit concessiegebied (G-tec, 2010). Daarom worden er op het maritiem cultureel erfgoed geen effecten (0) verwacht.

4.7.4.2.2 *Exploitatiefase*

De exploitatie van het windpark zal geen directe of indirecte effecten hebben op het (maritiem) cultureel erfgoed.

4.7.4.2.3 *Ontmantelingsfase*

Ontmanteling van het windpark wordt, net zoals bij de constructiefase, verwacht geen impact te hebben op het (maritiem) cultureel erfgoed.

4.7.4.2.4 *Bekabeling*

De aanleg van de **parkkabels** wordt verwacht geen aanleiding te geven tot conflicten met het maritiem cultureel erfgoed (i.e. scheepswrakken), gezien er in het concessiegebied van het North Sea Power windpark geen scheepswrakken op de zeebodem liggen (G-tec, 2010).

De aanleg van de **exportkabel(s)** van het windpark naar de kust kan echter wel impact hebben op het maritiem cultureel erfgoed, gezien er langsheen beide alternatieve tracés (zie projectbeschrijving, § 3.4) meerdere (gekende) scheepswrakken aanwezig zijn (Kaart 4.7.1). Scheepswrakken worden bij voorkeur gemeden.

Vanuit het standpunt van het maritiem archeologisch erfgoed gaat geen voorkeur uit naar een bepaald tracé aangezien er in langsheen beide tracés wrakken gesitueerd zijn. Het is aangewezen om voor aanleg van de kabel een side scan sonar survey (of een gelijkwaardig onderzoek) langsheen het gekozen kabeltracé uit te voeren, of ten minste gebruik te maken van reeds beschikbare relevante gegevens van surveys uitgevoerd voor de aanleg van andere exportkabels. Wanneer het ontwijken van scheepswrakken maximaal nagestreefd wordt, wordt het effect op het maritiem cultureel erfgoed tot een minimum (0) beperkt.

De offshore aanleg van de kabels heeft geen direct of indirect effect op het cultureel erfgoed langsheen de kustlijn Knokke-Oostende. De landschappelijke waarde van de relictzones, ankerplaatsen en puntrelictten zal niet aangetast worden. Er bestaat wel een mogelijkheid dat de ankerplaats 'de Fonteintjes'³⁵ in Zeebrugge invloed zal ondervinden van de onshore aanleg van de elektriciteitskabels. Aangezien de onshore installatie van de kabels en het gebied 'de Fonteintjes' onder Vlaamse bevoegdheid vallen, wordt de potentiële impact hierop niet verder meegenomen in voorliggend MER.

4.7.4.2.5 *Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op het cultureel erfgoed*

Samenvattend worden de effecten op het cultureel erfgoed weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

³⁵ De Fonteintjes zijn een serie van deels kunstmatige, deels natuurlijke duinplassen, duinrietlanden en duinstruwelen gelegen langs een 4 km lange strook tussen de duinengordel en de kustbaan van Zeebrugge tot Blankenberge. De zes thans nog overblijvende depressies zijn van elkaar gescheiden door dwarsdijkjes die tegelijk als toegangsweg tot de zeereepduinen fungeren.

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	<i>a</i>	<i>b</i>		<i>a</i>	<i>b</i>
Constructiefase					
Effect op cultureel erfgoed langsheen kustlijn Knokke-Oostende	0	0	0	0	0
Effect op scheepswrakken	0	0	0	0	0
Exploitatiefase					
Effect op cultureel erfgoed langsheen kustlijn Knokke-Oostende	0	0	0	0	0
Effect op scheepswrakken	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					
Effect op cultureel erfgoed langsheen kustlijn Knokke-Oostende	0	0	0	0	0
Effect op scheepswrakken	0	0	0	0	0
Bekabeling					
Effect op cultureel erfgoed langsheen kustlijn Knokke-Oostende	0	0	0	0	0
Effect op scheepswrakken	0	0	0	0	0

4.7.5 Leemten in de kennis

4.7.5.1 Zeezicht

Er bestaan nog leemten in de kennis omtrent de ervaring van diverse opstellingspatronen en lay-outs van windparken met betrekking tot zichtbaarheid en acceptatie van windparken. Een beter zicht krijgen in het voorkomen van de 'optimale weersomstandigheden' waarbij de windparken het meest zichtbaar zijn, zou bijdragen tot een betere inschatting van het 'worst case' scenario.

4.7.5.2 Cultureel erfgoed

Vermoedelijke zijn niet alle wrakken en andere grote objecten langsheen de beide alternatieve kabeltracés momenteel reeds gekend. Daarom is het aangewezen om vóór de werken een screening van het tracé waar de kabels zullen gelegd worden, uit te voeren.

4.7.6 Mitigerende maatregelen en compensaties

4.7.6.1 Zeezicht

De beleving en aanvaardbaarheid van windparken op zee kunnen positief beïnvloed worden door de keuze in lay-out van de windturbines (grootte, kleur) en het patroon en de oriëntatie van het windpark (zie eerder). Ook open en uitgebreide informatieverstrekking kan de aanvaardbaarheid van windparken op zee sterk in de hand werken, door middel van bijvoorbeeld gedetailleerde visualisaties of informatieborden op de dijk.

4.7.6.2 Cultureel erfgoed

Als algemene maatregel voor het cultureel erfgoed geldt dat bij het aanleggen van exportkabel(s) scheepswrakken bij voorkeur vermeden worden. Uitvoering van een side scan sonar survey (of een gelijkwaardig onderzoek) langsheen het gekozen kabeltracé, of op zijn minst gebruik van relevante gegevens van eerder uitgevoerde surveys voor de aanleg van andere exportkabels zullen het risico op impact op scheepswrakken sterk reduceren.

Indien ter hoogte van het concessiegebied van het North Sea Power windpark of langsheen het gekozen kabeltracé een wrak wordt 'ontdekt' dienen de bevoegde autoriteiten te worden ingelicht alvorens over te gaan tot eventuele verwijdering (indien vermijding niet mogelijk blijkt).

4.7.7 Monitoring

Ten aanzien van het dynamische en wijzigende karakter van landschappelijke beleving is het wenselijk om de beleving van offshore windparken op zee met een vaste frequentie op te volgen. Momenteel wordt de impact van zeezicht gebaseerd op fotosimulaties die de nodige beperkingen inhouden. Een enquête op basis van *in situ* waarnemingen zou een realistischer beeld van de belevingswaarde kunnen geven, waarbij ook een inschatting kan gemaakt worden van de zichtbaarheid in functie van de frequentie van voorkomen van bepaalde atmosferische omstandigheden. Daarnaast kan de effectiviteit van voorgestelde en toegepaste milderende maatregelen geëvalueerd worden. Tenslotte kan hiermee nagegaan worden of de beleving van windparken in exploitatie in de tijd wijzigt door gewenningsverschijnselen of door wijzigende referentiekaders bij respondenten.

4.8 DE MENS

4.8.1 Inleiding

In de Belgische mariene wateren zijn verschillende gebruikers actief (Kaart 4.8.1):

- visserij;
- maricultuur;
- scheepvaart;
- luchtvaart;
- zand- en grindwinning;
- baggeren en storten van baggerspecie;
- windenergie;
- militair gebruik (storten van oorlogsammunitie; detonatie van ammunitie, oefenterreinen);
- gaspijpleidingen en telecommunicatiekabels;
- oceanologische waarnemingen;
- toerisme en recreatie;
- wetenschappelijk onderzoek.

[Kaart 4.8.1: Kaart van de verschillende gebruikers van het Belgische mariene wateren](#)

Het concessiegebied situeert zich volledig binnen de zone voorbehouden voor de ontwikkeling van windenergie (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). De wetgever heeft met dit KB een duidelijk concrete invulling willen geven aan haar beleidsdoelstellingen inzake de ontwikkeling van groene energie en willen aangeven dat deze activiteit voorrang geniet op de andere activiteiten die zouden kunnen plaatsvinden in het gebied. Naast andere windenergie initiatieven is het concessiegebied of de nabije omgeving in gebruik voor zand- en grindwinning, visserij, gas- en pijpleidingen, militaire activiteiten, scheepvaart en voor recreatieve activiteiten. Het voorgestelde kabeltracé met aanlanding te Zeebrugge kruist de Speciale Beschermingszone te Zeebrugge (SBZ-V3), de scheepvaartroute 'Het Scheur', alsook de telecommunicatiekabel 'Rembrandt2' die buiten dienst is gesteld (mededeling KPN, 2008).

In volgende paragrafen zal de (socio-economische) impact op deze verschillende activiteiten bekeken worden. De beschreven effecten zijn zowel geldig voor de verschillende configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Indien relevant zal een onderscheid worden gemaakt. Er worden geen interacties verwacht met de andere gebruikers van het Belgische Deel van de Noordzee (BDNZ). Deze worden dan ook niet verder besproken in het MER.

4.8.2 Visserij

In oktober 2006 zijn de resultaten gepubliceerd van een studie naar de visie van de visserij gemeenschap over de potentiële socio-economische effecten van offshore windparken op hun sector (Mackinson *et al.*, 2006). De studie beschrijft de mogelijke impact van grotere windparken (tot 200 km²; tot 250 turbines) op de visserij activiteiten en de kostwinning van de vissers in de UK. Ondanks het hier bestudeerde

windturbineproject van een andere grootteorde is en gelegen is in het Belgische Deel van de Noordzee, kan worden aangenomen dat de beschreven effecten gelijkaardig zullen zijn, zoals de studie zelf tevens vermeld. Het verkrijgen van kwaliteitsvolle visserijdata (visserijgronden, vangst, socio-economische data) blijkt ook uit deze studie geen gemakkelijke opdracht. Persoonlijke gesprekken zijn de beste manier om tot samenwerking te komen. Dit vereist echter de nodige tijd en het vertrouwen van de vissers. Wegens de moeilijkheden van data-inzameling is het dan ook niet mogelijk om een gedetailleerde schatting te maken van de financiële impact ten gevolge van de ontwikkeling van windenergieprojecten op zee. In de toekomst zou deze situatie moeten verbeteren, daar op grond van EU-verordeningen m.b.t. gegevensverzameling in de Europese zeevisserij (1543/2000, 1639/2001 en 1581/2004) de lidstaten een aantal economische gegevens op jaarbasis moeten verzamelen (Tessens & Velghe, 2006; Tessens & Velghe, 2010). Daarnaast zijn momenteel twee studies gefinancierd door Federaal Wetenschapsbeleid in uitvoering (finalisatie 2011-2012) die onder meer de visserijsector bestuderen: CLIMAR (www.arcadisbelgium.be/climar) en LECOFISH (www.lecofish.be). Terwijl het CLIMAR-project zich focust op de mogelijke gevolgen van klimaatwijzigingen op de visserijsector en de evaluatie van mogelijke adaptatiemaatregelen, tracht LECOFISH op basis van de lokale ecologische kennis van de vissers (interviews) verschillende aspecten van de Belgische visserij in kaart te brengen.

De algemene visies van de vissers over de belangrijkste te verwachten effecten (zowel ecologische als socio-economische) zijn echter wel verkregen als resultaat van de studie Mackinson *et al.* (2006). Een samenvatting wordt gegeven in volgende paragrafen.

Het belang van de Belgische visserijsector wordt geëvalueerd aan de hand van de gegevens van het Departement Landbouw en Visserij voor het jaar 2009 (Tessens & Velghe, 2010). Hiervoor is onder meer beroep gedaan op de vrijwillige medewerking van de reders. Daarnaast wordt ook beroep gedaan op de rapportage in het kader van de Kaderrichtlijn water (Dienst Marien Milieu, 2009) en op een beschrijving van de sector in het kader van het CLIMAR project (Vanderperren & Polet, 2009).

De bepaling van de impact voor de Belgische visserijsector is het resultaat van deze data, de relatieve grootte van de oppervlakte van de concessie t.o.v. het totale visgebied en de resultaten van Mackinson *et al.* (2006).

4.8.2.1 Referentiesituatie

4.8.2.1.1 Belgische deel van de Noordzee (BDNZ)

Visserijgronden

De Belgische kustwateren zijn de habitat van volgroeide demersale vissoorten zoals *Pleuronectes platessa* (schol), *Limanda limanda* (schar), *Solea solea* (tong), *Gadus morhua* (kabeljauw), *Merlangius merlangus* (wijting) én de pelagische soort *Clupea harengus* (haring). Anders dan het jonge visbestand, dat een meer terreingebonden spreiding vertoont, verplaatsen de volwassen vissen zich het hele jaar vaker, afhankelijk van het paai- of voedingsgedrag. Dit betekent dat deze volgroeide vissen minder duidelijk in bepaalde zones en specifieke periodes aan de Belgische kust verblijven en dat een gemiddelde, algemene spreidingskaart, zoals die voor het jonge bestand bestaat, weinig zin heeft.

De belangrijkste aangevoerde soorten zijn garnalen en demersale vissoorten met daarin vooral tong, rog en schol (Tessens & Velghe, 2010; Dienst Marien Milieu, 2009; Vanderperren & Polet, 2009). De vangst van kabeljauw, schar en wijting is minder belangrijk. Het grootste tongbestand in Belgische kustwateren wordt aangetroffen tijdens het paaiseizoen (van maart tot mei) en bevindt zich voornamelijk in het kustgebied (< 10 mijl). Tongvangst is ook opgetekend in verder van de kust gelegen gebieden (12-25 mijl) op migratieroutes naar en van de paaipplaats. Het belangrijkste seizoen voor het vangen van schol is geconcentreerd van december tot februari wat overeenkomt met het paaiseizoen. De twee paaigebieden, die intensief bevestigd worden, zijn de omgeving van het Diepwaterkanaal en van Flamborough. Uit het algemeen migratiepatroon blijkt dat het bestand zich na het paaien vanuit het zuidelijk deel van de Noordzee naar het noorden verplaatst. De grootste voorraad wijting in de Belgische kustwateren verschijnt tussen oktober en april. Zoals bij kabeljauw is er in de winter een zuidelijke migratie op basis van de visconcentratie (paaiseizoen), gevolgd door een verplaatsing naar het noorden in het voorjaar (voedingsmigratie).

De intensiteit van de visserij richt zich meer op de geulen tussen de zandbanken dan op de zandbanken zelf. Garnaalvisserij aan de ander kant zal zich dan weer eerder op de zandbanken oriënteren. Deze vindt voornamelijk plaats dicht bij de kust.

Socio-economische aspecten

De Belgische visserijsector is de kleinste van de Europese Unie (EU). Het Belgische beleid ten aanzien van de visserijsector wordt in grote mate gestuurd door het Europese Gemeenschappelijke Visserijbeleid (GVB). Ondermeer de toegang tot de visgronden en de omvang van de vangsten wordt beperkt via het GVB.

De Belgische zeevisserijvloot bestond bij aanvang van het jaar 2009 uit 100 vissersvaartuigen en evolueerde naar 89 vaartuigen op het einde van het jaar, met een globale capaciteit van 51.590 kW (- 15 %) qua motorvermogen en 16.048 GT (- 16 %) wat tonnage betreft (Tessens & Velghe, 2010). Dit was onder meer het gevolg van de slooprondte die in 2009 werd gehouden en waarbij 7 vaartuigen van het grote vlootsegment (GVS) volledig hun activiteiten beëindigden en 2 andere vaartuigen werden vervangen door een vaartuig met een lagere capaciteit. Vier vaartuigen verdwenen uit de vloot door faillissement waarbij een deel van de capaciteit over andere vaartuigen werd verdeeld.

Deze vloot kan opgedeeld worden in het kleine vlootsegment (KVS) (< 221 kW: 47 vaartuigen) en het grote vlootsegment (GVS) (> 221 kW: 42 vaartuigen), die 80 % van het motorvermogen voor zijn rekening neemt (Tessens & Velghe, 2010). Het KVS bestaat uit vaartuigen die meestal binnen de 12-mijlszone vissen.

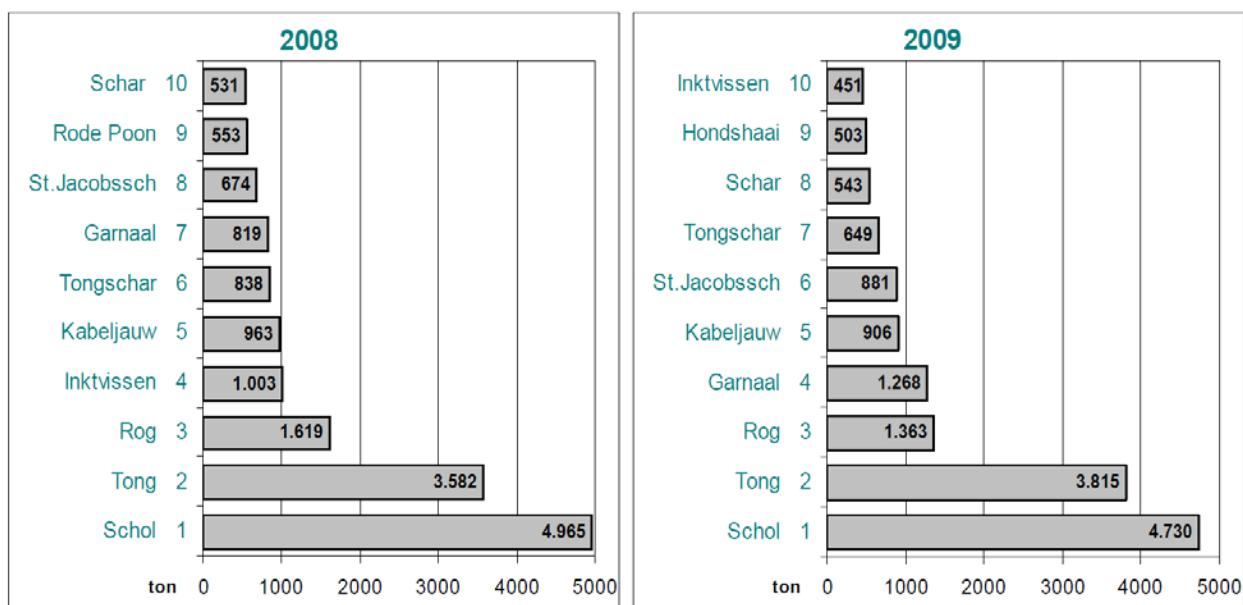
Het concessiegebied is gelegen op ongeveer 25 km van de kust, en wordt naar alle waarschijnlijkheid voornamelijk bevestigd door het kleine vlootsegment (KVS) gezien het concessiegebied voor het grootste deel binnen de 12-mijlszone ligt. Het KVS kan worden onderverdeeld in:

- Kustvaartuigen die meestal minder dan 24 uur op zee verblijven;
- Eurocutters: vaartuigen speciaal gebouwd om te vissen binnen de 12-mijls zone (sinds 1981) en uitgerust met een boomkor. Ze hebben een maximum lengte van 24 m.
- Andere kleinere vaartuigen die niet tot de vorige twee groepen behoren.

Socio-economisch gezien is het Belgische gedeelte van de Noordzee voor de Belgische zeevisserij eerder van gering belang. Bijna 65 % van de Belgische visaanvoer is afkomstig uit de centrale en zuidelijke

Noordzee. Daarnaast zijn de oostelijke Kanaalzone, het Bristolkanaal en het zuidoostelijke gedeelte van de Ierse zee de belangrijkste visgronden. Het zijn de grotere vaartuigen (motorvermogen > 221 kW) die deze verder afgelegen visgronden bezoeken. Het kleine vlootsegment (en de kustvisserij in het bijzonder) is echter wel voor zijn vangsten en inkomsten volledig afhankelijk van het Belgische gedeelte van de Noordzee. Uit een beperkte steekproef bleek dat in 2000, ruw geschat, ca. 30 % van de visvangsten van het kleine vlootsegment (motorvermogen < 221 kW) uit het Belgische gedeelte van de Noordzee afkomstig waren (Maes *et al.*, 2002).

In 2009 voerden de Belgische vissersvaartuigen 15.928 ton aan t.o.v. 17.307 ton in 2008 (daling met 8 %), voor een totale waarde van € 59,2 miljoen t.o.v. € 66,6 miljoen in 2008 (Tessens & Velghe, 2010). In de twee jaren ervoor bedroeg de totale besomming nog ongeveer € 80 miljoen. Gezien de meerderheid van de Belgische vloot de boomkor gebruikt, zijn de voornaamste soorten die de Belgische zeevisserij vangt demersale vissen. De top-10 van aangelande soorten voor 2009 (Figuur 4.8.1) toont aan dat schol (4.730 ton) en tong (3.815 ton) de twee belangrijkste soorten zijn, gevolgd door rog (1.363 ton), garnaal (1.268 ton) en kabeljauw (906 ton) (Figuur 4.8.1). In vergelijking met 2008 nam de aanlanding van garnaal met maar liefst 55 % toe, terwijl deze voor kabeljauw, rog en schar lichtjes afnam. Een forse reductie (> 50 %) werd waargenomen voor inktvissen (Tessens & Velghe, 2010).

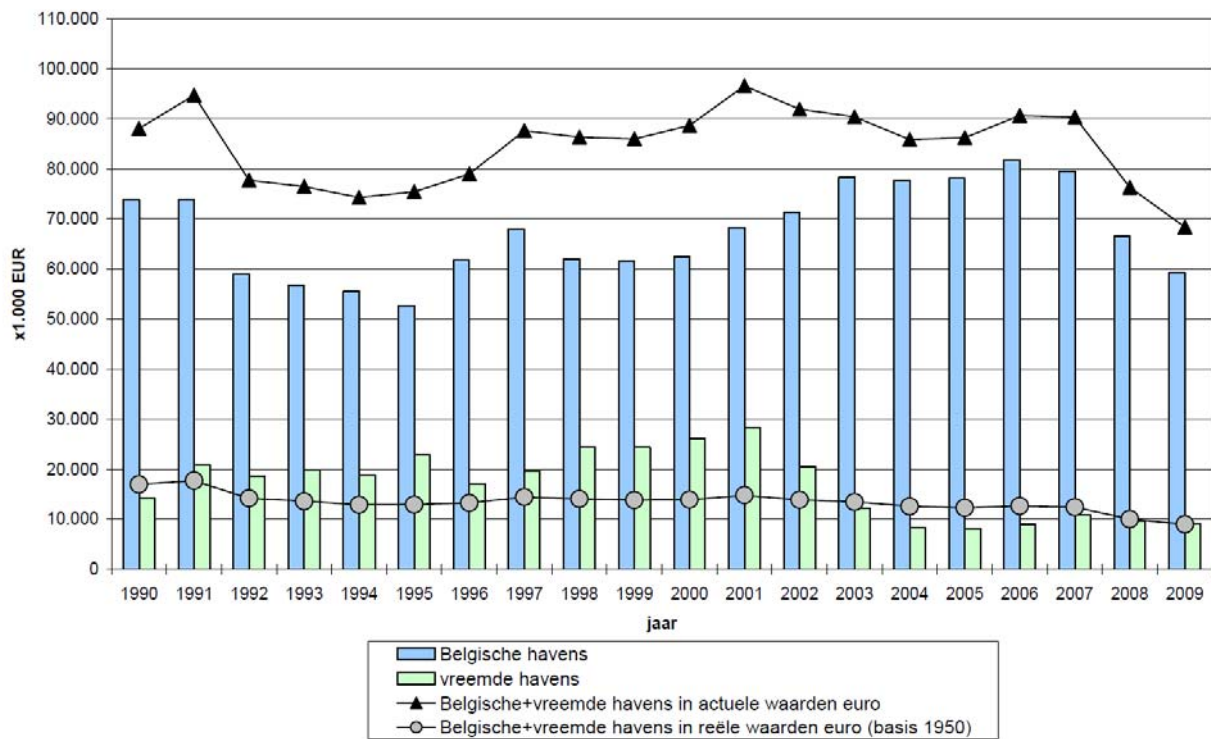


Figuur 4.8.1: Top-10 van aangelande soorten in 2008 & 2009 (Tessens & Velghe, 2010)

Sinds begin de jaren 90 daalt de totale aanvoer door Belgische vissersvaartuigen nagenoeg onafgebroken en bedraagt nu nog ongeveer de helft van 20 jaar geleden. Bovendien daalde de algemene gemiddelde prijs van visserijproducten in Belgische havens verder in 2009 tot 3,72 €/kg (-3 %) (Tessens & Velghe, 2010). Eén positieve noot is misschien dat de gemiddelde gasolieprijs 35 % lager was dan in 2008 en ook lager dan de drie daaraan voorafgaande jaren.

De bruto toegevoegde waarde van de visserijsector is zeer laag in vergelijking met het bruto binnenlands product, slechts 0,04 %, maar is van groot belang op regionale schaal (Tessens & Velghe, 2010). In 2009 bedroeg de omzet van de visserij sector ongeveer 68,3 miljoen euro (Tessens & Velghe, 2010). Na de daling

in 2008, is de besomming in 2009 verder achteruit gegaan met 7.9 miljoen EUR (-10 %). Figuur 4.8.2 toont dat de daling het grootst is in Belgische havens. De jaarlijkse totale omzet in actuele waarde die sinds 1988 gerealiseerd wordt door de Belgische visserij schommelt tussen de 74.000 euro en 97.000 euro (Figuur 4.8.2).



Figuur 4.8.2: Evolutie jaarlijkse omzet Belgische visserij (Tessens & Velghe, 2010)

De Belgische zeevisserij creëert een rechtstreekse tewerkstelling (crew en scheepvaart maatschappijen) van naar schatting ca. 900 personen, waarvan ongeveer 720 officieel geregistreerde vissers (Vanderperren & Polet, 2009).

4.8.2.1.2 Projectgebied North Sea Power

Er kan verwacht worden dat de belangrijke vissoorten in het concessiegebied North Sea Power dezelfde zullen zijn als in de algemene bespreking van het BDNZ. Een kwantitatieve vertaling van deze algemene gegevens voor het BDNZ naar afgebakende concessiegebieden is echter niet zo evident omwille van volgende redenen:

- Momenteel zijn geen accurate locatie-specifieke wetenschappelijke gegevens beschikbaar van de visserijactiviteiten op het BDNZ.
- Sedert 1997 is de verordening van de Europese Commissie No 1489/97 van kracht. Deze verordening bepaalt dat de vissersvaartuigen verplicht zijn tijdens hun zeereizen minstens om de twee uur automatisch hun positie te melden via satelliet verbinding. Dit geldt voor alle vaartuigen met een 'lengte over alles' groter dan 24 m en met een lengte binnen loodlijnen groter dan 20 m. Nationale bijkomende maatregelen zijn bovendien mogelijk. In de Belgische zeevisserijvloot vallen ongeveer 80 à 85 % van de

vaartuigen onder deze maatregel. Een gedeelte van het kleine vlootsegment valt immers niet onder deze verplichting, namelijk sommige kust vissers en sommige 'eurokotters'. Op de Dienst voor de Zeevisserij (Ministerie van Landbouw) te Oostende worden deze gegevens automatisch geregistreerd. Omwille van de confidentialiteit van deze databank is publicatie ervan niet toegestaan;

- Op grond van EU-Verordeningen 1543/2000, 1639/2001 en 1581/2004 die de gegevensverzameling in de Europese zeevisserij behandelen, moeten de lidstaten een aantal economische gegevens op jaarbasis verzamelen met betrekking tot hun aangelande commerciële soorten. Deze geven echter geen specifieke informatie over het voorkomen van de vissen op het BDNZ.
- Anderzijds bestaat er onzekerheid over de officiële beschikbare gegevens waarop we ons dus moeten baseren. Deze zijn gebaseerd op logboeken ingevuld aan boord. Verschillende bronnen (waaronder ICES) tonen aan dat deze officieel verzamelde informatie vaak onderschattingen zijn van de actuele situatie.

Gezien het gebrek aan wetenschappelijke kennis rond de visserijgronden en de ontoegankelijkheid van deze confidentiële visserijdata werd een intensiteitanalyse uitgevoerd op basis van vogelobservaties (periode 1992- 2003) van het Instituut voor Natuurbewoud waarbij melding werd gemaakt van schepen die effectief aan het vissen waren (Maes *et al.*, 2005). Een ruwe schatting van visserijactiviteiten op het BDNZ werd op die manier verkregen. Hieruit blijkt dat slechts een beperkt aantal observaties werden gedaan van vissersschepen in de buurt van het North Sea Power projectgebied. Daar de boomkorvisserij vooral plaatsvindt in de geulen tussen de banken (Di Marcantonio *et al.*, 2007), is de kans dat een potentieel conflict ontstaat met de visserij beperkt, maar wel reëel. De reeds vermelde LECOFISH studie zou op basis van locatie-specifieke ecologische kennis hier meer duidelijkheid in kunnen brengen.

4.8.2.2 Autonome ontwikkeling

Zowel op internationale als nationale schaal heeft de visserij sector te kampen met socio-economische problemen door 1) een stelselmatige afname van de bestaande biomassa in de hogere trofische niveaus van het Noord-Atlantische gebied sinds 1950 en 2) een stijgende visintensiteit tussen 1950-1975. Onderzoekers zijn tot de conclusie gekomen dat de huidige visexploitatie niet kan aanhouden en dat het hoger trofische niveau van vissen met het oog op de tegenwoordige trends binnen enkele decennia volledig verdwenen zal zijn in het Noord-Atlantische gebied (Christensen *et al.*, 2002). Dit komt ook naar voren uit het feit dat het bestand van bijna alle soorten gerangschikt wordt als 'buiten de veilige biologische grenzen'.

Deze trend loopt grotendeels parallel met de Belgische visserij. Een verhoogde aanvoer werd alleen waargenomen tussen 1950 en 1955, waarna een stelselmatige daling in de aanvoer en vlootomvang werd opgetekend. Het aantal schepen bleef vrij constant tussen 1980 en 1990, maar begon vanaf 1993 af te nemen. De economische situatie in de Vlaamse zeevisserij baart de betrokkenen grote zorgen als gevolg van een jaarlijkse afnemende rendabiliteit. Een algemene achteruitgang in de winstcijfers is vast te stellen ten gevolge van een sterke stijging van de kosten ten opzichte van de omzet (besomming).

Deze kostentoeename is grotendeels te wijten aan een stijgende gasolieprijs vanaf 1990. Deze toename was vooral merkbaar de laatste jaren. In 2003 betaalden de scheepseigenaars nog 0,21 €/l, in 2005 bedroeg dit 0,35 €/l. Olieprijzen waren het hoogst midden 2008 (ongeveer 0,78 €/l). Sinds dan zijn de olieprijsen

onverwachts sterk gedaald tot 0,37 €/l. Ondanks die halvering, zijn de prijzen nog steeds hoog in vergelijking met 5 jaar geleden en bedragen zij ongeveer 25 % tot 34 % van de totale omzet (Vanderperren & Polet, 2009).

Ontwikkelingen in het Europese Visserijbeleid laten vermoeden dat verder quotabeperkingen en flankerende maatregelen (zoals technische maatregelen en beperkingen in vaardagen) alleen maar een versterking van de hierboven geschetste trends tot gevolg zullen hebben op korte en middellange termijn.

4.8.2.3 Effecten

De belangrijkste effecten voor visserij zijn 1) het ruimtelijke verlies (visgronden) en 2) korte en lange termijneffecten tijdens de constructie en exploitatiefase.

4.8.2.3.1 Verlies traditionele visgronden

Het potentieel verlies van toegang tot de traditionele visgronden wordt in het algemeen ervaren als het belangrijkste negatieve effect van de ontwikkeling van windturbine projecten op zee (Mackinson *et al.*, 2006). Vissers geven namelijk te kennen dat wegens het moeilijk manoeuvreren tussen de turbines en het verhoogde risico op aanvaringen met de turbines, ze de concessiegebieden zouden vermijden ook al is vissen er toegelaten. Ze waren namelijk niet zeker of ze in staat zouden zijn de bijkomende verzekeringskosten die dit verhoogde risico met zich meebrengt, te betalen (Mackinson *et al.*, 2006). Door de beperking aan visserijgronden zou de competitie in de betere nabij gelegen gebieden toenemen met mogelijks conflicten tussen de vissers tot gevolg. Een oplossing zou kunnen zijn om alternatieve gebieden te gaan bevissen die verder gelegen zijn. Voor het KVS is dit echter niet haalbaar. Daarenboven zou dit de brandstofkosten echter nog meer de hoogte injagen en de vistijden beperken waardoor ook de opbrengsten kleiner zouden zijn. Recent onderzoek in Nederland (Dekker *et al.*, 2009) heeft echter berekend dat het sluiten voor de visserij van de huidige windparken een minimaal effect zal hebben.

In Ecolas (2003) werd geschat dat ruwweg 85 % van het BDNZ kan bevestigd worden (Ecolas, 2003). In dit percentage zijn de veiligheidszones rond gasleidingen, het munitiestort op de Paardemarkt, de ankerplaats bij de Westhinder, de beloodste navigatiekoers van het Scheur en de reeds vergunde concessiegebieden niet inbegrepen. Daarnaast moeten we rekening houden met het feit dat in bepaalde andere gebieden van het BDNZ zoals de concessiegebieden voor zand en grind en de militaire gebieden geen algemeen verbod op visserij geldt, maar wel temporele limiteringen voor visserij. Daarenboven zullen ook tijdelijke verstoringen optreden ten gevolge van die activiteiten.

Het verlies aan visgronden kan leiden tot inkomstenverlies en werkloosheid. Wegens gebrek aan specifieke financiële data werd reeds aangehaald dat een gedetailleerde economische analyse moeilijk haalbaar is.

A. Configuratiealternatieven North Sea Power

Uitgaande van bovenstaande bevindingen zal de aanleg van het windpark North Sea Power voor een bijkomend maximaal verlies zorgen aan visgronden (ca. 1,5 % van het BDNZ). Gezien de beperkte oppervlakte (60 km² inclusief 500 m veiligheidszone) en het gegeven dat het projectgebied van beperkt belang is voor de visserij, kan dit directe verlies als verwaarloosbaar worden geschat. De impact voor de visserij ten gevolge van het beschreven windpark is dus gering negatief en is bovendien veel minder relevant

dan het reeds vermelde inkomstenverlies ten gevolge van schommelende brandstofprijzen en de beperkingen opgelegd door het Europese visserijbeleid.

B. Basisscenario

Momenteel komt dit potentieel verlies aan visgronden neer op ongeveer 4 % van het BDNZ, wanneer ook rekening gehouden wordt met de concessiegebieden (incl. 500 m veiligheidszone rondom concessiegebied) van C-Power en Belwind. Ondanks het groter verlies in vergelijking met het windpark North Sea Power alleen, kan analoog aan de voorgaande redenering dit directe verlies nog steeds als gering negatief worden geschat. Voor het kleine vlootsegment die voornamelijk leeft van de vangst binnen de 12-mijlszone (ca. 1.435 km²) komt dit verlies neer op ongeveer 8 % van hun visgebied (matig negatief effect).

4.8.2.3.2 Korte en langetermijneffecten

Naast het ruimtelijke verlies maken de vissers zich zorgen over de korte en langetermijneffecten tijdens de constructie en exploitatie fase. Tijdens de constructiefase wordt het heien van de palen (bij keuze monopile/jacket fundering) als belangrijkste oorzaak gezien voor veranderingen in het visgedrag, terwijl het plaatsen van funderingen (bij keuze gravitaire fundering) en het leggen van kabels voor sedimentverstoring zal zorgen. De belangrijkste effecten in de exploitatiefase zijn de veranderingen in het visgedrag ten gevolge van elektromagnetische stralingen uitgezonden door kabels en de introductie van harde substraten (Mackinson *et al.*, 2006). Voor een bespreking van deze negatieve effecten wordt verder verwezen naar het hoofdstuk 'Fauna en flora'.

De elektriciteitskabel naar de kust heeft geen effect op de visserij, ongeacht het gekozen configuratiealternatief. Zij ligt voldoende diep om beschadiging van de kabels door vissersschepen te voorkomen.

4.8.2.3.3 Opportuniteiten

Naast deze negatieve effecten op visserij, biedt de ontwikkeling van het North Sea Power windpark ook opportuniteiten namelijk het ontstaan van kraamkamergebieden en beschermde natuurzones.

Daarnaast zal het afsluiten van een gebied voor de visserij onvermijdelijk leiden tot het uitblijven van de versturende invloed van de boomkor die de bodem omwoelt en de organismen wegvangt (Dayton *et al.*, 2002; Frid *et al.*, 2002; Lindeboom 2002). Lindeboom (2005) heeft berekend dat de effecten van de boomkorvisserij op het NCP het benthos 1.000-100.000 keer zwaarder belasten dan die van (het ruimtebeslag door) de offshore industrie, de zandwinning en de kabels en leidingen, gebruiksfuncties die te vergelijken zijn met de aanleg en de exploitatie van een offshore windpark. De directe negatieve invloed van de boomkorvisserij op het BDNZ zal naar verwachting dus hoger zijn dan de negatieve invloed die de funderingen, erosiebescherming en kabels uitoefenen op het mariene leven.

Tenslotte is er het positieve effect van een afgesloten gebied op de vissoogst in de omgeving. Wetenschappelijk onderzoek (Roberts *et al.*, 2001) toonde aan dat ook kleine (10-25 km²) mariene reservaten een significant positieve invloed hebben op de visserij in de omgeving. Deze invloed kan leiden tot een grote stijging (46-90 %) in de vangsten in de omringende gebieden binnen een betrekkelijk korte periode van vijf jaar. Hoewel de toepasselijkheid van deze gegevens in het bijzondere geval van het BDNZ

nog bewezen moet worden, bestaat er een aanzienlijke consensus binnen de wetenschappelijke wereld over het 'overvloed en kweek' effect van mariene beschermingsgebieden, dat in een netwerk van mariene reservaten nog intenser is. Dit 'overvloed en kweek' effect betekent dat de omvang van en de overvloed aan geëxploiteerde soorten toeneemt in de omliggende zones en dat de populaties aangevuld worden via de export van larven (NCEAS Working Group on Marine Reserves 2000). Het aanvullende effect van de nabijgelegen afgesloten gebieden van C-Power, Eldepasco en Belwind en van de introductie van harde substraten kan misschien synergetisch werken. Momenteel zijn deze laatste aspecten opgenomen in het monitoringsprogramma van de vergunde windparken, maar tot op heden zijn hier nog geen resultaten over gekend.

4.8.2.3.4 *Veiligheid*

Tijdens de bouw en de exploitatie van het windpark, zal voor de nodige markeringen en signalisaties gezorgd worden om de veiligheid van de visserij te waarborgen. Voor verdere details wordt verwezen naar het hoofdstuk Veiligheid.

4.8.2.3.5 *Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op visserij*

In het algemeen komen wij tot de conclusie dat de impact van het volledig afsluiten van het concessiegebied voor de visserij waarschijnlijk een minimale invloed zal hebben op de inkomsten of werkgelegenheid in vergelijking met de autonome ontwikkeling, maar dat anderzijds de invloed op het milieu positief geschat wordt door een vermindering van de visserijgebonden milieuverstoring. Deze redenering is zowel geldig voor de verschillende configuratiealternatieven van North Sea Power als voor het basisscenario.

4.8.2.4 *Leemten in de kennis*

Zoals reeds vermeld, werd er bij de analyse een gebrek aan wetenschappelijk beschikbare en gedetailleerde visserijgegevens voor het concessiegebied vastgesteld:

- Ondanks de verplichte registratie van een groot deel van de visserijbewegingen zijn deze data wetenschappelijk niet beschikbaar. Het was dus niet mogelijk om gedetailleerde analyses uit te voeren van de kleinere geografische eenheden zoals de concessiegebieden;
- Een poging werd reeds gedaan door Ecolas NV. om een intensiteitanalyse uit te voeren aan de hand van verzamelde data van het Instituut voor Natuurbehoud tijdens vogelobservaties (Maes *et al.*, 2005). Ondanks de beperkingen in accuraatheid, wordt hierdoor wel een algemeen patroon van de visserij verkregen. Een update en verificatie van deze analyse op basis van officiële registratiegegevens is echter wenselijk;
- Naast gegevens over tijdstip en locatie van visserij, ontbreken ook geografische data over de visvangst per gebied. De enige gegevens waarop we ons kunnen baseren zijn grootschalige rapportages (vb. ICES, besommingen) waarbij ook hier ernstige twijfels en onzekerheden bestaan over de correctheid betreffende de gevangen hoeveelheden, de bijvangst en de 'terugworp'. Deze onzekerheid zou mogelijks weggewerkt kunnen worden door de lopende studie 'LECOFISH' (<http://www.lecofish.be/>).

- Ook gegevens voor een goede inschatting van de invloed van de offshore windparken op de vispopulaties op de specifieke locaties zijn grotendeels ontbrekend. Hierin zal in de toekomst verandering komen door de wettelijk vereiste monitoring.

4.8.2.5 Mitigerende maatregelen en compensaties

Gezien het beperkte verlies aan visserijgrond voor zowel de configuratiealternatieven van North Sea Power als het basisscenario, worden geen mitigerende maatregelen en compensaties voorgesteld.

Een mogelijk alternatief voor visserij is maricultuur. De productie van tweekleppige weekdieren is toegelaten in 4 zones van de Noordzee, waaronder de afgebakende windconcessie zone (KB 14/05/2004). AG Haven Oostende had een vergunning gekregen (07/10/2005), maar is momenteel gestopt met de exploitatie (m.m. BMM 2010). In theorie bestaat de mogelijkheid om aan mosselcultuur te doen in het concessiegebied North Sea Power als alternatief voor visserij. Hierbij moeten de voor- en nadelen op zowel economisch en technisch vlak als de milieu-aspecten grondig uitgewerkt worden. Naar onze mening valt een dergelijke afweging en analyse buiten het doel van deze MER.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de opportuniteiten voor maricultuur wordt verwezen naar het globaal actie- en herstructureringsplan voor een duurzame Vlaamse zeevisserijsector (Task Force Visserij, 2006).

4.8.2.6 Monitoring

Er bestaan nog steeds een aantal onzekerheden over de ecologische uitwerking op het mariene milieu ten gevolge van offshore windparken (incl. cumulatieve effecten), zodat bijkomend onderzoek wenselijk is. Het effect op commerciële vis en ongewervelde soorten is van doorslaggevend belang voor de visserij. Vanuit een economisch standpunt moet de nadruk hier liggen op platvissoorten.

In het kader van huidig MER is voor de visserijsector enkel monitoring van de bepalende ecologische factoren relevant. In het hoofdstuk 'Fauna en flora' is een monitoringsprogramma uitgewerkt voor zowel de bentische organismen als de vissen. Voor het Norther-project wordt met betrekking tot monitoring aangesloten bij deze reeds bestaande monitoringsprogramma's.

4.8.3 Maricultuur

4.8.3.1 Referentiesituatie en Autonome ontwikkeling

Op 7 oktober 2005 werd een vergunning toegekend aan de AG Haven Oostende voor de productie van tweekleppige weekdieren in 4 zones van de Noordzee waaronder de volledige afgebakende wind concessiezone (KB 17/05/2004). Momenteel heeft AG Haven Oostende zijn activiteiten stilgelegd.

De productie van mosselen bestaat uit hangcultuurmodules van staal (12 m x 3 m x 2 m) voorzien van aangroeiouwen uit polypropyleen. De maximale (theoretische) opbrengst binnen het concessiegebied van C-Power wordt op 11.760 ton mosselen geschat, terwijl dit voor de volledige wind concessiezone op 279.000 ton komt (BMM, 2005b).

In theorie bestaat de mogelijkheid om in de toekomst aan mosselcultuur te doen binnen de afgelijnde KB zone voor windenergie, en dus ook binnen het concessiegebied North Sea Power. Hierbij moeten de voor- en nadelen op zowel economisch en technisch vlak (o.a. veiligheid) als de milieu-aspecten grondig uitgewerkt worden. Naar onze mening valt een dergelijke afweging en analyse buiten het doel van deze MER.

Op huidig ogenblik zijn er geen initiatieven gepland om dergelijke activiteiten te starten in één van de reeds vergunde windparken.

4.8.3.2 Effecten

Het North Sea Power project zal voor een bijkomende introductie van harde substraten (turbines, funderingen, erosiebescherming) zorgen naast de hangculturen in het maricultuur projectgebied (die momenteel dus niet meer actief geëxploiteerd worden). Deze structuren kunnen op hun beurt gekoloniseerd worden door mosselen en op die manier eventueel een invloed hebben op de maricultuur door het bevorderen van kolonisatie of spatval (stepping stone).

Deze effecten zijn afhankelijk van de afstand van mogelijke maricultuur initiatieven tot het North Sea Power project. Momenteel zijn er geen initiatieven in uitvoering of in de nabije toekomst gepland, waardoor er ook geen conflict bestaat.

4.8.3.3 Leemten in de kennis, mitigerende maatregelen en compensaties, monitoring

Er worden geen mitigerende maatregelen of compensaties voorgesteld.

4.8.4 Scheepvaart

Wat betreft de veiligheidsaspecten (ongevallenrisico, olieverontreiniging) van de professionele scheepvaart wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Veiligheid'.

4.8.5 Zand en grindontginning

4.8.5.1 Referentiesituatie en Autonome ontwikkeling

Zeezand wordt aangewend voor drie specifieke gebruiken: in de bouwsector, die ongeveer één tiende van de totale zandproductie van België vertegenwoordigt, voor strandsuppletie om de erosie van de Belgische kust ten gevolge van stromingen, golven, e.d. af te remmen en voor landwinning, die in tegenstelling tot Nederland in België uitzonderlijk wordt uitgevoerd.

Mariene aggregaatextractie wordt uitgevoerd door 13 bedrijven die vertegenwoordigd worden door Zeegra VZW (8.750.000 m³/3 jaar) en door de Vlaamse Administratie Waterwegen en Zeewezen (AWZ) – Afdeling Maritieme Toegang (5.000.000 m³/3 jaar) en Afdeling kust (1.650.000 m³/ 3 jaar).

De exploratie en exploitatie van zand en grind wordt geregeld door de wet van 13 juni 1969, zoals gewijzigd door de wet van 20 januari 1999 en de wet van 22 april 1999. Sinds 2004 zijn de concessiezones voor

aggregaatextractie gewijzigd volgens het KB 01/09/2004. Er zijn nu drie 'controlezones' en één 'exploratiezone' (Kaart 4.8.1):

- Controlezone 1 bestaat uit twee sectoren: sector 1A op de Thorntonbank, sector 1B op de Goote Bank. Sector 1A is gans het jaar open voor ontginning, sector 1B enkel gedurende de maanden maart, april en mei;
- Controlezone 2 is onderverdeeld in drie sectoren: sectoren 2A en 2B bevinden zich op de Kwintebank, sector 2C op Buiten Ratel en Oostdyck. De sectoren 2A en 2B zijn afwisselend open voor ontginning voor een periode van 3 jaar (rotatiesysteem), sector 2C is open voor ontginning gedurende het ganse jaar.
- Controlezone 3 is gelegen op een dumplocatie voor gebaggerd materiaal (Sierra Ventana) en kan gezien worden als een soort 'recyclagezone' dicht bij de kust. Met deze controlezone wil men de druk op natuurlijke zandbanken verminderen. Sector 3A is gans het jaar open, terwijl sector 3B gesloten is zolang deze sector tevens als baggerspecieloswal gebruikt wordt. Het is uit de oude baggerspecieloswal (oude stortzone S1) dat AWZ – Afdeling Maritieme Toegang 5.000.000 m³/3 jaar zal extraheren. De nieuwe baggerspecieloswal (nieuwe sector S1) bevindt zich in de sector 3B.
- In de exploratiezone (zone 4) (ter hoogte van de Hinderbanken) zullen overheid en concessiehouders de mogelijkheden van (voornamelijk grind-) ontginning onderzoeken. Hiervoor werd recentelijk een studie inclusief MER opgemaakt waarvan de resultaten in de loop van 2011 verwacht worden.

Er is geen overlap tussen het concessiegebied North Sea Power en de aangeduide concessiezones voor zand- en grindwinning. Aan westelijke zijde zal het North Sea Power windpark wel aangrenzen aan controlezone 1 – Sector 1A, maar blijft buiten deze bij KB afgebakende zones. In Sector 1A is enkel Zeegra VZW actief. De hoeveelheid zand en grind die in sector 1A geëxtraheerd zal worden, is eerder beperkt. In Ecolas (2006) wordt een inschatting gemaakt voor 2 scenario's:

- Scenario 1: Business as Usual (BAU) gebaseerd op de ruimtelijke spreiding van de winningsactiviteiten in het verleden (2003 en vroeger). In sector 1A wordt volgens dit scenario 554.804 m³ geëxtraheerd.
- Scenario 2: Maximale Ruimtelijke Spreiding (MRS) waarbij aangenomen wordt dat er een maximale ruimtelijke spreiding zal zijn van de extractie activiteiten over de verschillende concessiezones. Volgens dit scenario wordt in sector 1A 997.068 m³ ontgonnen.

In de nabije toekomst zullen de hoeveelheden zand die ontgonnen worden significant toenemen onder meer voor de realisatie van het Geïntegreerd Kustveiligheidsplan (GKVP). Voorlopige inschattingen geven hierbij aan dat tegen 2050 28 miljoen m³ (of ca. 700.000 m³/jaar) zand ontgonnen moet worden om de kust te beschermen tegen mogelijke klimaatwijzigingen.

4.8.5.2 Effecten

Het concessiegebied North Sea Power grenst aan controlezone 1 (sector 1A) voor zand en grindwinning, maar er worden geen conflicten verwacht tussen het geplande windpark en de controlezones (meer specifiek in sector 1A) daar het gebruik van deze zone momenteel relatief beperkt is. Bovendien situeert het concessiegebied North Sea Power zich volledig binnen het vastgestelde wettelijke zone voor de productie van windenergie op zee.

Aangezien de hoeveelheid zand die in de sector 1A geëxtraheerd zal worden eerder beperkt is (BAU & BAU+AWZ: 554.804 m³, MRS: 997.068 m³) (Ecolas NV, 2006), en er bijgevolg niet diep gegraven zal worden, worden er geen significante effecten verwacht op de stabiliteit van de windturbines in het concessiegebied.

4.8.5.3 Leemten in de kennis

Er zijn geen leemtes in de kennis.

4.8.5.4 Mitigerende maatregelen en compensaties

Er worden geen mitigerende maatregelen of compensaties voorgesteld.

4.8.5.5 Monitoring

De zandextracties worden momenteel opgevolgd via een jaarlijks monitoringsprogramma. De bestaande procedures voor monitoring lijken ons voldoende mogelijkheden te geven voor een adequate monitoring van eventuele effecten tussen beide activiteiten.

4.8.6 Andere windparken

4.8.6.1 Referentiesituatie en Autonome ontwikkeling

In december 2008 werd door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd (omgezet in richtlijnen in april 2009; waaronder de Europese richtlijn Hernieuwbare Energiebronnen 2009/28/EG) waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken van 6 % naar 13 % hernieuwbare energie tegen 2020.

Om tegemoet te komen aan de Belgische energievoorziening heeft Kabinet Noordzee in 2003 zijn Masterplan Noordzee gelanceerd waarin ook een wettelijke zone voorzien wordt voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen waaronder windenergie (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). Deze zone is gelegen aan de oostelijke zijde van het Belgische deel van de Noordzee en strekt zich uit van iets voor de Thorntonbank tot voorbij de Bligh Bank. Binnen dit gebied komen 3 zandbanken voor die een ideaal terrein vormen voor de ontwikkeling van windparken: de Thorntonbank, de Bank Zonder Naam en de Bligh Bank.

- C-Power n.v. heeft de nodige vergunningen (o.a. domeinconcessie, kabelvergunning en milieuvergunning) om in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid ter hoogte van de Thorntonbank een windpark te bouwen en het gedurende 20 jaar uit te baten. In april 2004 zijn de nodige grondonderzoeken gestart. In 2008 is van start gegaan met het plaatsen van de eerste zes windturbines in zee. Het concessiegebied voor windenergie ligt juist ten oosten van zandwinningscontrolezone 1, sector 1A. De verkregen concessie (MB 27/06/2003 en MB 03/02/2010) op de Thorntonbank is opgesplitst in twee gebieden: één ten Westen van de telecomkabel Concerto South1 en de Interconnector gasleiding (deelgebied A) bestaande uit 30 turbines en één ten Oosten (deelgebied B) bestaande uit 24 turbines. In totaal wordt een oppervlakte van 19,9 km² ingenomen voor een maximum geïnstalleerd vermogen van 325 MW.

- Eldepasco heeft een domeinconcessie (MB 15/05/2006; uitbreiding MB 24/03/2010) verkregen voor de bouw en de exploitatie van een windpark van 72 turbines (totale oppervlakte: 14,30 km²) op de Bank Zonder Naam gelegen op ca. 38 km van de Belgische kust, met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van 216 MW; het individueel vermogen van de windturbines zal 3 MW bedragen. De milieuvergunning werd toegekend in december 2009.
- Belwind heeft de nodige vergunningen (domeinconcessie, kabelvergunning en milieuvergunning) verkregen voor een grootschalig windturbine project (363 MW) op de Bligh Bank. Het windpark zal bestaan uit 110 turbines van 3 MW. Een domeinconcessie werd verkregen voor een oppervlakte van 35,4 km² (MB 05/06/2007). Momenteel zijn reeds 55 monopiles geplaatst.
- Tenslotte zijn er twee nieuwe initiatieven die recentelijk een domeinconcessie verkregen hebben voor de bouw en exploitatie van een windpark in de Belgische mariene wateren: Seastar (MB 24/03/2010) en Rentel (MB 04/06/2010).

4.8.6.2 Effecten

In deze paragraaf wordt enkel stil gestaan bij de mogelijke effecten van het windpark North Sea Power op een ander windpark (dichtstbijzijnde windpark C-Power). Het North Sea Power windpark zal op een afstand van 1 km liggen van het reeds goedgekeurde C-Power project. Er zijn geen effecten die worden veroorzaakt door het North Sea Power windpark (vb. verhoging van de belasting op de constructie of invloed op de windomstandigheden) waardoor mogelijks de werking van een ander park in gedrang komt.

Het concessiegebied North Sea Power wordt wel gekruist door zowel de exportkabel van C-Power als deze van Eldepasco en Belwind. Er is hier echter rekening mee gehouden door het wettelijk toekennen van de effectief beschikbare ruimte voor de installatie van het windpark, meer bepaald het concessiegebied *sensu stricto*, die de voorgeschreven veiligheidsparameters rond kabels en pijpleidingen respecteert. Er worden dan ook geen onderlinge effecten verwacht.

Voor de beschrijving van de cumulatieve effecten ten gevolge van de ontwikkeling van de reeds vergunde windparken (C-Power + Eldepasco + Belwind + Norther) wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten'.

4.8.6.3 Leemten in de kennis, mitigerende maatregelen en compensaties, monitoring

Voor dit onderdeel wordt verwezen naar de relevante hoofdstukken in het MER.

4.8.7 Militaire activiteiten

4.8.7.1 Referentiesituatie en Autonome ontwikkeling

Het concessiegebied North Sea Power vertoont geen overlap met de bestaande militaire oefenzones. De twee andere concessiegebieden die deel uitmaken van het basisscenario, met name Belwind en C-Power vertonen wel een directe overlap met de militaire zone waar schietoefeningen gebeuren op drijvende doelen (Kaart 4.8.1). Deze oefeningen kunnen zowel overdag als 's nachts plaatsvinden gedurende het ganse jaar (weliswaar na aankondiging van de schietoefening). Tijdens deze activiteiten worden schepen verzocht om

deze zone te vermijden. In voorgaande MERs werd reeds melding gemaakt dat er een akkoord binnen de regering bestaat dat er binnen de offshore windenergiezone (cfr concessie KB) geen militaire oefeningen worden gedaan eens de concessie (waar bij de aflevering defensie ook een advies geeft) verkregen is.

4.8.7.2 Effecten

Wegens de regelmatige communicatie met de bevoegde diensten van de Mariene, de beperkte intensiteit van militaire activiteiten en de recente aanpassingen van militaire gebieden worden er geen effecten verwacht ten gevolge van het North Sea Power project of van het basisscenario.

4.8.7.3 Leemten in de kennis

Er zijn geen leemten in de kennis.

4.8.7.4 Mitigerende maatregelen en compensaties, monitoring

Specifieke maatregelen of compensaties, alsook monitoring zijn hier niet relevant.

4.8.8 Kabels en pijpleidingen

4.8.8.1 Referentiesituatie en Autonome ontwikkeling

De locatie van kabels en pijpleidingen is weergegeven in Kaart 4.8.2. Bij de communicatiekabels is een onderscheid gemaakt tussen kabels in gebruik en kabels die niet langer gebruikt worden (Maes *et al.*, 2005).

Kaart 4.8.2: Kabels en pijpleidingen

Zoals uit Kaart 4.8.2 blijkt, wordt het concessiegebied North Sea Power gekruist door 2 gaspijpleidingen en 3 telecommunicatiekabels, naast de exportkabels van reeds vergunde windparken (zie 4.8.6). Eén van de gaspijpleidingen is de 'Interconnector' geëxploiteerd door Interconnector UK Limited, 235 km lang, die ongeveer 25,5 miljard m³/jaar transporteert van Zeebrugge naar Bacton (UK). De tweede gaspijpleiding de 'Zeepijp' (814 km) verbindt Zeebrugge met het offshore olieplatform Sleipner Rise (Noorwegen) en geëxploiteerd wordt door Gasco. Ten slotte is er nog een derde pijpleiding die het Belgische deel van de Noordzee doorkruist, namelijk 'Norfra', maar deze is niet relevant voor het North Sea Power windpark. 'Norfra' is een 840 km lange leiding van het Draupner E platform op het Noorse continentale plat naar de haven van Duinkerke in Frankrijk.

Naast gaspijpleidingen bevinden zich op het BDNZ telecommunicatiekabels. Van de kabels in gebruik kruisen er drie het concessiegebied North Sea Power waarbij steeds de voorgeschreven veiligheidsafstanden (250 m) gerespecteerd worden. Relevant voor dit project zijn de telecommunicatiekabels Concerto South1 (ten westen van de Interconnector) en Concerto East1 (ten oosten van de Zeepipe), beide geëxploiteerd door Global Marine Systems. Ten noorden van de Thorntonbank ligt de Rembrandt2 kabel die geëxploiteerd wordt door KPN, maar niet langer in gebruik is (mededeling brief KPN, 2008). Daarnaast bevindt zich aan de voet ten zuiden van de Thorntonbank nog één

telecommunicatiekabel die niet langer in gebruik is. De specifieke naam of (vroegere) exploitant van de kabel is niet gekend.

Momenteel wordt door ELIA een vergunning voorbereid voor het leggen van een elektriciteitskabel (HVDC Interconnector tussen UK en België) vertrekkende uit Richborough (UK) met aanlanding te Zeebrugge. Deze elektriciteitskabel zou actief in gebruik worden genomen tegen 2016. De aanleg van de elektriciteitskabel heeft geen directe gevolgen voor het concessiegebied North Sea Power, maar kan mogelijk een conflict veroorzaken ter hoogte van het aanlandingspunt te Zeebrugge (westelijke zijde), waar ook de offshore kabels van Belwind, Eldepasco en Norther zullen aanlanden. Momenteel is een MER in opmaak voor de aanleg van deze kabel, en zijn publieke gegevens bijgevolg nog niet beschikbaar.

4.8.8.2 Effecten

De lay-out van het windpark North Sea Power wordt uitgetekend binnen het concessiegebied *sensu stricto* en houdt hierdoor rekening met de vereiste veiligheidszone ten opzichte van pijpleidingen (min. 500 m) en telecommunicatiekabels (min. 250 m). Voor bouwwerkzaamheden op een afstand van 500 tot 1000 meter langs elke zijde van de as van een pijpleiding zal de eigenaar bovendien geraadpleegd worden. Met betrekking tot de werken die uitgevoerd moeten worden alsook tot de gebeurlijke kruisingen van de leidingen zal Norther conform de bepalingen van het KB van 12 maart 2002 (art. 15, 8°) met de eigenaars/exploitanten een 'proximity agreement' afsluiten.

Op die manier mag aangenomen worden dat er zich geen effecten zullen voordoen op de bestaande kabels- en pijpleidingen ten gevolge van het inplanten en exploiteren van het North Sea Power windpark (inclusief offshore kabel).

Het cumulatieve milieu-effect van de bestaande kabels en pijpleidingen én de kabeltracés die getrokken worden vanuit de diverse windparken is echter moeilijker te voorspellen. Hiervoor wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Cumulatieve effecten'.

4.8.8.3 Leemten in de kennis

Er zijn geen leemtes in de kennis.

4.8.8.4 Mitigerende maatregelen en compensaties

Er worden geen mitigerende maatregelen of compensaties voorgesteld bij de ontwikkeling van het windpark North Sea Power.

Indien echter verschillende initiatieven van windparken in een beperkte tijdsspanne goedgekeurd worden, dan moet zoveel mogelijk getracht worden de verschillende projecten naar kabeltracé op elkaar af te stemmen (gegroepeerde inplanting).

4.8.8.5 Monitoring

Normale voorzorgsmaatregelen en plaatsingstechnieken tijdens het leggen van de kabels om schade aan de communicatiekabel te vermijden, zullen in ieder geval genomen worden.

4.8.9 Biodiversiteit en natuurgebieden

4.8.9.1 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Voor een gedetailleerde bespreking van het belang van de Belgische mariene gebieden voor het benthos, de vissen, de avifauna en de zeezoogdieren wordt verwezen naar het hoofdstuk 'Fauna, flora en biodiversiteit'. Hier worden enkel de belangrijkste trends vermeld inzake biodiversiteit, dit als raamwerk voor de identificatie van natuurgebieden in het Belgische Deel van de Noordzee (BDNZ).

Er kunnen twee gradiënten worden waargenomen in de aanwezigheid van macrobenthische organismen op het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ). Een eerste gradiënt in de biodiversiteit loopt van het westen naar het oosten. Ten gevolge van de negatieve invloed van de instroom van verontreinigd water (nutriënten, organische polluenten en zware metalen) afkomstig uit de Westerschelde, is de biodiversiteit in de oostelijke BDNZ-zone minder groot dan die in de westelijke zone (Cattrijsse & Vincx, 2001). Een tweede gradiënt loopt van de ondiepe kustzone naar de zone dieper in zee. De verspreiding van de macrobenthos soortenrijkdom en abundantie langs deze onshore-offshore gradiënt is sterk variabel, met soorten- en densiteitsarme stations langsheen de volledige gradiënt en soorten- en densiteitsrijke stations beperkt tot de kustzone (< 15 NM) (Van Hoey *et al.*, 2004). Wat betreft de densiteit van demersale vissen is de kustzone duidelijk rijker dan de verderaf gelegen gebieden.

De Belgische zeegebieden zijn ook voor een aantal vogelsoorten relatief belangrijk als overwinteringsgebied, trekgebied of foerageergebied tijdens het broedseizoen. De hoogste diversiteit werd waargenomen tijdens de trekperiodes (lente, herfst). Twee ruimtelijke gradiënten kunnen worden waargenomen voor de Belgische kust: een kust-zee en een oost-west gradiënt vanaf het Schelde-estuarium tot aan de diepere en minder troebele zeegebieden op Frans grondgebied. Visetende soorten met een voorkeur voor helder water en mid-tot offshore omstandigheden (alkachtigen, Drieteenmeeuw, Jan-van-Gent) waren talrijker in het westen. Duikers, futen en Larus-meeuwen zijn prominenter aanwezig naarmate men het slibrijke water in het mondingsgebied van de Schelde nadert. De jagers en stormvogels zijn dan weer typisch voor de offshore gebieden (> 20 km van de kust). (Seys, 2001)

Op basis van deze biodiversiteitspatronen werden verschillende types beschermde gebieden geïdentificeerd in de Belgische mariene gebieden, waarbij de nadruk op de westkust ligt (Kaart 1.3.1):

- Ramsar gebieden: Kustbanken en Zwin (Vlaamse bevoegdheid)
- Natura 2000: ecologisch netwerk van geselecteerde habitat- en vogelrichtlijngebieden
- Mariene beschermde gebieden (wettelijke basis: wet ter bescherming van het mariene milieu 20/01/1999 (gewijzigd door wet 07/09/2005)):
 - Vogelrichtlijngebieden: Binnen het KB 14/10/2005 worden drie speciale beschermingszones voor vogels (SBZ-V's) ingesteld met name een zone van 110,01 km² te Nieuwpoort (SBZ-V1), een zone van 144,80 km² te Oostende (SBZ-V2) en een zone van 57,71 km² ter hoogte van Zeebrugge (SBZ-V3) en dit op basis van het voorkomen van vier beschermde vogelsoorten (fuut, de grote stern, de visdief en de dwergmeeuw).
 - Habitatrichtlijngebieden: Binnen het KB 14/10/2005 25/02/2008) worden ook 2 speciale zones voor natuurbehoud (SBZ-H's) ingesteld met name 'Trapegeer Stroombank' (181 km²) en de 'Vlakte van de

Raan' (19,17 km²). Door een beslissing van de Raad van State (25/02/2008) werd de instelling van dit gebied als SBZ conform de HRL vernietigd. Ondanks het verdwijnen van het nationaal statuut van de Vlakte van de Raan als SBZ-H, blijft het gebied wel aangemeld en goedgekeurd als SBZ-H binnen Europa.

- Gericht marien reservaat: de 'Baai van Heist' (KB 5/03/2006)

Recent is een wetenschappelijke studie uitgevoerd naar het opstellen van bijkomende potentiële Habitatrichtlijngebieden in de Belgische mariene wateren op basis van het potentiële voorkomen van het Habitattypen 1110 'Zandbanken' (Bijlage I – HRL), het Habitattypen 1170 'Riffen' (Bijlage I – HRL) en het potentiële representatieve voorkomen van de Habitatrichtlijn (HRL) Bijlage II-soorten tuimelaar, bruinvis, gewone zeehond, grijze zeehond, zee- en rivierprik, Europese Atlantische steur, fint en elft. Op basis van de wetenschappelijke analyse wordt voorgesteld het gebied zoals weergegeven in Kaart 1.3.1 te beschermen onder de Habitatrichtlijn. Het omvat (1) 35 % van de oppervlakte aan Habitattypen 1110 in het BDNZ, (2) 29 % van de *Lanice conchilega* aggregaties en (3) 38 % van de grindbedden. Het omvat tevens het volledige reeds aangemelde Habitatrichtlijngebied Trapegeer-Stroombank.

Aansluitend aan deze beschermde gebieden onder federale bevoegdheid, is ook de vermelding van het strandreservaat 'Baai van Heist' (Vlaamse bevoegdheid).

4.8.9.2 Effecten

Het enige conflict vanuit milieuoogpunt dat kan bestaan tussen het windpark project en de aangeduide beschermde gebieden bestaat uit het feit dat het voorgestelde kabeltracé met aanlanding te Zeebrugge doorheen een beschermd marien gebied loopt, met name de speciale beschermingszone SBZ-V3 (Zeebrugge).

Voor mogelijke effecten ten gevolge van de inrichting en exploitatie van het windpark en haar kabels verwijzen we naar het hoofdstuk 'Fauna, flora en biodiversiteit' en de uitgevoerde passende beoordeling in het kader van het KB 14/10/2005 en het KB 05/03/2006.

4.8.9.3 Leemten in de kennis, mitigerende maatregelen en compensaties, monitoring

Voor dit onderdeel verwijzen we ook naar het onderdeel waar de effecten op fauna en flora besproken worden.

4.8.10 Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op de mens

Samenvattend worden de effecten op de mens weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	a	b		a	b
Constructiefase					
Effecten op visserij	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0	0
Effecten op andere windparken	0	0	0	0	0
Effecten op maricultuur	0	0	0	0	0
Effecten op natuurgebieden	0	0	0	0	0
Exploitatiefase					
Effecten op visserij	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0	0
Effecten op andere windparken	0	0	0	0	0
Effecten op maricultuur	0	0	0	0	0
Effecten op natuurgebieden	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					
Effecten op visserij	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0	0
Effecten op andere windparken	0	0	0	0	0
Effecten op maricultuur	0	0	0	0	0
Effecten op natuurgebieden	0	0	0	0	0
Bekabeling					
Effecten op visserij	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0	0
Effecten op andere windparken	0	0	0	0	0
Effecten op maricultuur	0	0	0	0	0
Effecten op natuurgebieden	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

4.9 VEILIGHEIDSASPECTEN

De veiligheidsaspecten gerelateerd met de bouw en de exploitatie van het windpark vallen onder de verantwoordelijkheid van de afdeling Operations and Maintenance (O&M). North O&M zal o.a. instaan voor de supervisie van de technische werkzaamheden van de windturbineleverancier en van andere dienstverleners, de kwaliteitsbewaking van uitgevoerde werken, e.d. Om haar superviserende taken on site daadwerkelijk te kunnen uitvoeren zal North O&M beroep doen op de logistieke middelen aanwezig binnen North of zal hiervoor langdurige contracten aangaan indien nodig (vb. vaartuigen).

North O&M zal beschikken over een eigen veiligheids-, gezondheids- en milieumanager (VG&Mmanager) die verantwoordelijk zal zijn als veiligheidscoördinator, milieuverantwoordelijke en kwaliteitsmanager zowel tijdens ontwerp, realisatie als uitbating van het windpark. De VG&Mmanager kan beroep doen op een team van interne en externe deskundigen.

North heeft de intentie om ook voor het offshore windpark een veiligheids- en milieubeheersysteem (milieuzorgsysteem) in te voeren en te laten certifiëren conform respectievelijk OHSAS 18001 en ISO 14001.

Op die manier wordt de algemene veiligheid van het windpark gegarandeerd.

In volgende paragrafen zal specifiek worden ingegaan op de veiligheidsaspecten gerelateerd aan de installaties, de scheepvaart en de radar en scheepscommunicatie. Tenslotte wordt aandacht besteed aan de mogelijke gevolgen van een potentiële oliecontaminatie.

4.9.1 Installaties

4.9.1.1 Methodologie

In dit onderdeel worden de veiligheidsrisico's van de installatie op zich en de eventuele gevolgen van een incident kort besproken. Inschatting van de veiligheidsrisico's verbonden aan de infrastructuur van het windpark zelf zijn gebaseerd op literatuurgegevens. De beschreven risico's zijn geldig voor alle configuratiealternatieven. Risico's voor de werknemers (arbeidsrisico's) worden in dit MER niet behandeld.

4.9.1.2 Risico's en effecten tijdens de exploitatiefase

Windturbines worden tegenwoordig onderworpen aan verschillende classificatiesystemen. Dit geldt ook voor de windturbines van voorliggend project. Teneinde tot een bepaalde klasse te behoren worden de turbines in hun geheel en op onderdelen gekeurd (bladen, gondel, elektrische installatie, mast, fundering...). De windturbines beschikken over een typecertificering conform IEC 61400 of gelijkwaardig.

De technische levensduur van offshore windturbines bedraagt tenminste 20 jaar.

4.9.1.2.1 Faalfrequentie van de installatie

In opdracht van de Vlaamse overheid werd een studie uitgevoerd naar de veiligheid van windturbines (SGS, 2007), waarbij op basis van het Nederlandse Handboek Risicozonering Windturbines en uitgebreide

statistieken over de bestaande windturbines een eenvoudige risicobeoordeling werd uitgewerkt. Hierbij dienen windturbines te voldoen aan dezelfde veiligheidsvereisten als andere industriële installaties.

Het Nederlandse Handboek Risicozonering Windturbines (Senternovem, 2005) geeft gegevens weer m.b.t. de jaarlijkse faalfrequentie van een turbine onder diverse omstandigheden (Tabel 4.9.1). SGS is van mening dat de aanbevolen rekenwaarde van Senternovem niet gebruikt dient te worden, maar wel de verwachtingswaarde zoals aanbevolen door SGS, die gebaseerd is op de faalfrequenties uit het 'Handboek Kanscijfers', welke in Vlaanderen gebruikt wordt bij de kwantitatieve risicoanalyse van vaste industriële installaties.

Het overzicht in Tabel 4.9.1 is vooral gebaseerd op oudere gegevens voor windturbines op land. Deze gegevens zijn bepaald uit historische Deense, Duitse en Nederlandse faalgegevens. Ten gevolge van de voortdurende en snelle ontwikkelingen in de windsector worden windturbines echter steeds veiliger en betrouwbaarder, zodat kan verondersteld worden dat de windturbines die aangewend zullen worden in het North Sea Power windpark lagere faalkansen zullen vertonen dan aangegeven in Tabel 4.9.1.

Uit Tabel 4.9.1 (verwachtingswaarde aanbevolen door SGS) blijkt dat de faalfrequentie het hoogst is voor kleine onderdelen uit de gondel, namelijk 0,0012 per jaar, of omgerekend eens om de 833 jaar. Voor de andere onderdelen is de faalkans nog lager. Dit risico is aldus zeer laag en de effecten van faling van de installaties zijn aanvaardbaar.

Tabel 4.9.1: Scenario's en faalkansen voor risicoanalyses (Senternovem, 2005 in SGS, 2007)

Scenario	Faalfrequentie (/turbine/jaar)		
	<i>Verwachtingswaarde aanbevolen volgens SGS</i>	<i>95 % bovengrens</i>	<i>Aanbevolen rekenwaarde volgens Senternovem</i>
Geheel blad	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-4}$
Nominaal toerental	$3,15 \cdot 10^{-4}$		$4,2 \cdot 10^{-4}$
Mechanisch remmen	$3,15 \cdot 10^{-4}$		$4,2 \cdot 10^{-4}$
Overtieren	$8,5 \cdot 10^{-4}$		$5,0 \cdot 10^{-4}$
Tip of deel van blad	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$
Toren	$5,8 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Gondel en/of rotor	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$
Kleine onderdelen uit gondel	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$

* mechanisch remmen = ca. 1,25 keer nominaal toerental

* overtieren = ca. 2 keer nominaal toerental

4.9.1.2.2 Maximale werpafstand

Naast de mogelijke faalfrequentie van onderdelen van de installatie, is het ook belangrijk om na te gaan in welke mate objecten en activiteiten die zich in de nabijheid van turbines bevinden, kunnen geraakt worden door bijvoorbeeld een afbrekend rotorblad. In Tabel 4.9.2 wordt een overzicht gegeven van de maximale werpafstand die door een afbrekend rotorblad van een driebladige windturbine tijdens een overtoeren-situatie kan overbrugd worden (= maximale werpafstand) voor een kustlocatie. De maximale werpafstand is erg afhankelijk van het type turbine en wordt o.a. bepaald door de rotordiameter, het wiekgewicht, het

rotortoerental en de ashoogte. Voor de meest voorkomende 3-bladige turbines tussen de 500 kW en 3000 KW zijn de maximale werpafstanden ongeveer 350 tot 450 m.

Er zijn geen gegevens over de maximale werpafstand bekend voor offshore windturbines met een vermogen groter dan 3 MW. Gezien de eerder beperkte (niet-lineaire) stijging in maximale werpafstand tussen resp. 1 MW, 2 MW en 3 MW, wordt verwacht dat een veiligheidsmarge van 500 m rondom het windpark voldoende zal zijn voor de volledige range van 3 MW tot 10 MW windturbines, en dat zodoende het risico op accidenten ten gevolge van een weggeslingerde rotorblad gedekt wordt.

Tabel 4.9.2: Maximale werpafstand (in m) van afbrekende bladen bij driebladige windturbines tijdens een overtoeren-situatie (kustlocatie)

Type turbine	WT 500	WT 750	WT 1000	WT 1250	WT 1500	WT 1750	WT 2000	WT 2250	WT 2500	WT 3000
Vermogen (kW)	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	3000
Maximale werpafstand bij 2 keer nominaal toerental	387	401	412	419	425	429	432	435	436	436

4.9.1.2.3 Lekken van vloeistoffen

Voorzieningen ter bescherming van het milieu behoren tot de standaarduitrusting van de windturbines en het OHVS. Het lekken van vloeistoffen (olie, vetten, etc.) uit de installaties wordt vermeden of beperkt door de aanwezigheid van diverse opvangsystemen (lekbakken, randen, inkuipingen) alsook door de constructiewijze van de onderdelen van de installaties. Uitgaande van het gegeven dat deze opvangsystemen goed functioneren en gebouwd zijn volgens een goed (gecertificeerd) ontwerp, zal er geen negatief milieueffect zijn.

Dit is niet het geval indien een windturbine zou omvallen ten gevolge van extreme klimaatcondities of tengevolge van een aanvaring of een aandrijving door schepen. In dat geval zullen, wanneer tanks of leidingen bij het ongeval breken of scheuren, de vetten en oliën aanwezig in de turbine kunnen vrijkomen en zich in het milieu kunnen verspreiden. Gezien de bestaande classificatie en certificeringsystemen is de kans dat een turbine uit zichzelf omvalt gedurende de levensduur van het project niet onbestaande maar zeer klein. De hoeveelheid aanwezige oliën in de turbine bedragen ca. 1000 liter per turbine (tandwielkast, hydraulisch systeem). Vermoedelijk zal voor de transformatoren die zich in de turbines zelf bevinden, gebruik gemaakt worden van het droge type en niet van oliegekoelde transformatoren.

In de offshore hoogspanningsstations zullen wel transformatoren van het oliegekoelde type aanwezig zijn (1 of 2 stuks). Bovendien is er in de hoogspanningsstations een nooddieselgeneratorset en een dubbelwandige voorraadtank met dieselbrandstof (circa 30 m³) aanwezig. De stations zijn voorzien van een inkuiping, waarin transformatorolie en brandstof zo nodig kan worden opgevangen.

Voor een beschrijving van de risico's en effecten door aanvaring /aandrijving van windturbines door schepen wordt verwezen naar § 5.3.8.

4.9.1.2.4 *Lekken van gassen*

In de windturbines komen schakelaars voor. Er bestaan hiervoor verschillende types: vacuümschakelaars en SF6-bevattende schakelaars. In dit laatste geval spreken we over een aantal liter SF6-gas op een druk van <1bar. Dit gas komt enkel vrij bij een accidentele situatie (kortsluiting). Het risico is aanvaardbaar.

4.9.1.2.5 *Andere risico's*

Brand

Een ander risico voor het milieu is brand. Brand in een turbine of op een offshore hoogspanningsstation kan aanleiding geven tot het vrijstellen van toxische of milieuschadelijke stoffen.

De windturbines zullen uitgerust zijn met brand/rookdetectoren die maken dat personeel in de turbine gewaarschuwd wordt in geval van eventueel dreigende of beginnende brand. In de gondel of de voet van de turbine, alsook in de offshore hoogspanningstations zal een poederblusser aanwezig zijn.

Blikseminslag, ijsworp, wiekbreuk

Blikseminslag op zich heeft geen gevolgen voor het milieu, indien het niet tot brand leidt. De rotorbladen en de gondel van de turbines en de offshore hoogspanningsstations worden voorzien van bliksemafleiders en bliksembeveiliging.

Ook ijsworp heeft geen invloed op het milieu.

Wiekbreuk heeft als enige invloed op het milieu dat er kunststof onderdelen in zee terechtkomen. Deze onderdelen zullen buiten hun 'afval' effect geen invloed hebben op het milieu. Na een incident met wiekbreuk worden defecte onderdelen verwijderd en conform de geldende milieu eisen op land verwerkt of gestort.

Aangezien in, en in de onmiddellijke omgeving van, het windpark zich normalerwijze geen mensen bevinden, zijn de risico's en effecten op de mens niet bestaande. Hierbij wordt nogmaals opgemerkt dat arbeidsrisico's (die wel bestaan) niet in ogenschouw worden genomen.

4.9.1.2.6 *Besluit bespreking en beoordeling van de veiligheidsaspecten van de installaties*

Samenvattend worden de veiligheidsaspecten van de installaties weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt zowel voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	a	b		a	b
Constructiefase					
Risico's verbonden aan de installaties	0	0	0	0	0
Exploitatiefase					

Configuratie	1		2	3	
Faalfrequentie van de installatie	0	0	0	0	0
Maximale werpafstand	0	0	0	0	0
Lekken van vloeistoffen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Lekken van gassen	0	0	0	0	0
Brand, blikseminslag, ijsworp, wiekbreuk	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					
Risico's verbonden aan de installaties	0	0	0	0	0
Bekabeling					
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0

4.9.1.3 Leemten in de kennis

Er is weinig informatie over frequenties waarmee falen in de vorm van afbreken van rotorbladen voorkomt bij installaties in het mariene milieu.

4.9.1.4 Mitigerende maatregelen

Daar waar bij lekkages significante hoeveelheden olie of vet in zee terecht kunnen komen, kunnen adequate sensoren op geschikte locaties of regelmatige inspecties worden voorzien waarmee lekkages worden gedetecteerd. De operator kan het ontstaan van een lek op die manier snel signaleren en interveniëren, waarmee de vloeistoffen zo snel mogelijk uit de opvangbakken verwijderd kunnen worden.

Wanneer als gevolg van een defect of ongeval stoffen of materialen in zee terecht komen die een bedreiging zijn voor het milieu, moet getracht worden deze stoffen of materialen zo spoedig mogelijk uit het milieu te verwijderen en te verwerken of storten volgens de geldende reglementering.

4.9.1.5 Monitoring

Geen specifieke monitoring wordt voorgesteld. Het lijkt wel aangewezen dat de overheid jaarlijks een overzicht krijgt van de opgetreden incidenten, zodat er een inzicht bekomen wordt op de ontwikkeling van de intrinsieke risico's van het windpark.

4.9.2 Scheepvaart

In overleg met de bevoegde overheid (BMM) werd beslist dat het berekenen van de risico's voor het scheepvaartverkeer (inclusief aanvaringen/aandrijvingen, olieverontreiniging) voor de configuratie-alternatieven van Norther afzonderlijk of voor het gedefinieerde basisscenario (Norther + 6 GBF C-Power + 55 MP Belwind) weinig meerwaarde zou bieden. Het werd veel meer zinvol geacht om de risico's van volgende cumulatieve scenario's te onderzoeken:

- Scenario 1, met het North Sea Power windpark in combinatie met de drie vergunde windparken: Belwind (110 turbines), Eldepasco (72 turbines) en C-Power (54 turbines);

- Scenario 2, met het North Sea Power windpark in combinatie met de drie vergunde windparken (Belwind, Eldepasco en C-Power) en de 2 windparken waarvoor reeds een domeinconcessie werd verkregen, namelijk RENTEL en SEASTAR.

De effectbespreking en beoordeling van deze scenario's wordt weergegeven in Hoofdstuk 5.3.8 ('Cumulatieve effecten' – 'Scheepvaartveiligheid').

4.9.3 Radar en scheepscommunicatie

4.9.3.1 Methodologie

De bespreking en beoordeling van de effecten van het North Sea Power windpark op radar en scheepscommunicatie werd opgemaakt in een deelstudie door Prof. Dr. Ir. Catrysse (maart 2011).

Deze studie bevat:

- De situering van het studiegebied en actuele gegevens hiervan;
- De effecten op de radars en marifone installaties: SRK radarstations, scheepsradar, VHF radiocommunicatiesystemen, RDF (Radio Direction Finder), DGPS zender in Oostende en AIS (Automatic Information System);
- Een overzicht van de belangrijkste conclusies.

Het volledige rapport wordt weergegeven in Bijlage 4.9.1. De belangrijkste conclusies van deze studie worden in volgende paragrafen kort herhaald.

Bijlage 4.9.1: Deelstudie Radar en scheepscommunicatie – Catrysse (2011)

In dit hoofdstuk worden de effecten van de inplanting van enkel het North Sea Power windpark besproken en beoordeeld. De bespreking en beoordeling van de cumulatieve effecten van alle reeds vergunde windparken (C-Power, Eldepasco en Belwind) en van de windparken waarvoor een concessie werd toegekend (North Sea Power, Rentel en Seastar) op radar en scheepscommunicatie wordt weergegeven in hoofdstuk 5.3.8.2.

4.9.3.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Langs de Belgische en het zuidelijke deel van de Nederlandse kust is een keten van kustradars opgesteld, beheerd door de Vlaams-Nederlandse instantie 'Schelde Radar Keten' of SRK. Deze radars dienen de overheid te helpen bij het organiseren van het scheepvaartverkeer in het zuidelijke deel van het BDNZ, de Scheldemonding en de zuidelijke Nederlandse mariene kustwateren.

Deze studie omvat de invloed van de inplanting van het North Sea Power windpark in de zone bekend als 'Westpit' op de radar en scheepscommunicatie. De zone 'Westpit' bevindt zich voor de rede van Zeebrugge, tegen de grens met Nederland en op zowat 21 km van de radarinstallatie van Zeebrugge, ten zuid-zuidoosten van de Thorntonbank. Uit de gegevens verstrekt door o.a. SRK blijkt dat er belangrijk scheepvaartverkeer plaatsvindt op route naar de haven van Zeebrugge, waarbij de SRK-havenradar van Zeebrugge deze trafiek opvolgt. De zone 'Westpit' zelf behoort net niet meer tot het 'officiële'

observatiedomein van SRK, maar de mogelijke invloed van een windpark in de zone 'Westpit' dient toch in aanmerking te worden genomen.

De grote route van het Kanaal naar Rotterdam ligt daarentegen veel noordelijker dan de Bligh Bank, en kan helemaal niet meer opgevolgd worden door de radarstations van SRK. De vaarroutes nabij de kust zijn nog voor de zone 'Westpit' gelegen (Catrysse, 2011).

Tabel 4.9.3 geeft de afstand van de diverse radarstations van SRK tot het midden van de in uitvoering zijnde windparken en tot het midden van het North Sea Power windpark. Ter verduidelijking wordt in Figuur 4.9.1 en Figuur 4.9.2 een beeld gegeven van:

- de ligging van de drie vergunde offshore parken op de Bligh Bank, Bank Zonder Naam en Thorntonbank en van het North Sea Power windpark;
- de ligging van de verscheidene SRK radarstations;
- het officiële werkingsgebied van de SRK radarobservatie (paarse lijn);
- werkelijk werkingsgebied van de SRK radarstations (cirkels op Figuur 4.9.2);
- het grensgebied van radarbereik in een vereenvoudigde vorm aangegeven (gele lijn).

Tabel 4.9.3: Afstand van SRK radarstations tot het middelpunt van offshore windparken (Catrysse, 2011)

Radarstation	Thorntonbank (C-Power)	Westpit (North Sea Power)	Bank zonder Naam (Eldepasco)	Bligh Bank (Belwind)
Oostdijckbank (offshore)	45,2 km	47,5 km	50,9 km	42,4 km
Oostende	33,9 km	32,5 km	42,5 km	39,6 km
Zeebrugge	25,4 km	21,5 km	33,9 km	38,2 km
Cadzand	39,6 km	34,5 km	43,8 km	50,9 km
Vlissingen	48,1 km	41,5 km	50,9 km	56,6 km
Westkapelle	36,7 km	30,5 km	39,6 km	53,7 km
Schouwenbank (offshore, gepland?)	50,9 km	34,5 km	42,5 km	53,7 km

Voor een gedetailleerde beschrijving van de gegevens qua inplanting, frequenties en vermogens van de radarstations en marifone installaties en systemen wordt verwezen naar de diverse tabellen in de studie van Catrysse (2011) (Bijlage 4.9.1).

Hierbij wordt opgemerkt dat het normale bereik van de SRK radar voor grote schepen ca. 30 tot 35 km bedraagt (tot maximaal 42 km bij een volledige reflectie). De zone 'Westpit' ligt dus nog binnen de actieve reikwijdte van de meeste actuele en geplande radarposten, specifiek voor Zeebrugge, Westkapelle, Oostende en Cadzand. Alhoewel de betreffende zone 'Westpit' niet binnen het eigenlijke werkingsgebied van VTS-SM en VTS-VK valt, wordt het scheepvaartverkeer dat Westrond-noord vaart, toch nog door de radarpost van Zeebrugge opgevolgd, en gedeeltelijk door Oostende en Westkapelle.

[illegible]

MER North Sea Power windpark

4.9.3.3 Effecten tijdens de exploitatiefase

Uit verscheidene studies blijkt dat voor grote windturbines de mast de dominante factor vormt bij potentiële verstoring van marifone systemen. Dit komt ondermeer door het feit dat de verschillende systemen in een zeevaartomgeving steeds een radiopad beslaan tegen het aardoppervlak, maar ook dat zowel de gondel als de wieken een beduidend kleinere 'effectieve radar/radio doorsnede' uitmaken dan de mast zelf. Uit voorgaande studies en beschikbare literatuur omtrent de mogelijke invloed op radarsystemen, blijkt voldoende dat de mast een dominant effect met minstens 15 à 20 dB voorstelt (Catrysse, 2011).

Grote reflecterende voorwerpen kunnen volgende effecten veroorzaken:

- dode zones en verzwakking van het signaal achter het voorwerp. Dit vermindert het normaal bereik van de installatie;
- meervoudige reflecties, waardoor mogelijke meervoudige (foutieve) echo's ontstaan;
- verzadiging van de ontvanger bij sterke reflecties op voorwerpen dichtbij het systeem;
- valse echo's door multi-reflecties op andere voorwerpen (door verstrooiing);
- verlenging van de delay-spread van RF-datacommunicatie (met foutieve ontvangst data).

Deze effecten dienen gezien te worden in het kader van de positie van zowel de radio/radar systemen en de inplanting van de windturbines. Rekening houdend met de ligging van het North Sea Power windpark ten opzichte van de kuststations, kan het mogelijke effect van verzadiging van de ontvanger enkel optreden in het geval van de scheepsradar (Catrysse, 2011).

In de volgende paragrafen worden de effecten op de diverse systemen beknopt besproken.

4.9.3.3.1 Schelderadarketen (SRK)

De inplanting van de windturbines binnen het North Sea Power windpark in de zone 'Westpit', zal de radaropvolging door SRK niet direct in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting buiten de reikwijdte van een aantal radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer dat zich voor deze inplanting in de zone 'Westpit' bevindt.

Voor het gebied achter de het North Sea Power windpark gelegen, ontstaat voor een aantal radarstations wel een zone van schaduw en ontoereikend bereik.

Meer in detail dient echter gesteld dat het gebied in noord-oostelijke richting voldoende afgedekt blijft door een aantal SRK radarstations en dat er zich enkel naar westelijke zijde een beperking van radardekking kan voordoen, door het effect van verminderde gevoeligheid voor alle radarstations ten oosten van het North Sea Power windpark gelegen.

Een aantal effecten zal geaccentueerd worden door de realisatie en de inplanting van andere offshore windparken, waarvan sommige nu reeds in uitvoering zijn. Hierbij wordt verwezen naar de bespreking en beoordeling van de cumulatieve effecten in hoofdstuk 5 van voorliggend MER.

Ook dient expliciet gesteld te worden dat het type windturbine geen noemenswaardige invloed zal hebben op deze situaties, alhoewel de grotere types leiden tot een meer open structuur van het windpark.

4.9.3.3.2 *Scheepsradar*

De invloed van mogelijke meervoudige reflecties met betrekking tot de scheepsradar is voelbaar binnen een zone van zowat 1 km afstand tot het windpark. Toch is het duidelijk dat mogelijke meervoudige reflecties geen a priori gevaarlijke situaties zullen opleveren, en meestal slechts een vals beeld binnen of in de onmiddellijke nabijheid van het park zullen opleveren. Er zal nooit een valse echo kunnen optreden, waarbij een vals beeld gevormd wordt tussen het schip en het eerste object in de nabijheid van het schip.

4.9.3.3.3 *VHF radiocommunicatiestations*

Voor de marifone VHF (very high frequency) communicatie systemen, RDF en AIS, kan gesteld worden dat enkel voor de verre communicatie naar de westelijke route en de verre routes voorbehoud dient gemaakt te worden. Maar ook hier is de werkelijke beperking het bereik van de radio-installaties zelf.

Er dient duidelijk gesteld dat voor het gebied tussen de kustlijn en de 'Westpit' er zich geen wijzigingen voordoen met de actuele toestand.

4.9.3.3.4 *Radio direction finder (RDF)*

Voor de RDF systemen kan met zekerheid gesteld worden dat de invloed eerder minimaal en zelfs marginaal zal zijn, ook voor wat de verre routes betreft, met een maximale fout op de hoekbepaling van 0,5° à 1°.

4.9.3.3.5 *DGPS systeem*

De inplanting van het North Sea Power windpark zal geen invloed hebben op het gebruik van het 312 kHz DGPS systeem.

4.9.3.3.6 *Automatic information system (AIS)*

AIS is een systeem van automatische informatie vergaring, dat gebruik maakt van de 'normale' marifone VHF kanalen 87b en 88b (rond 162 MHz) met een digitale vorm van datatransmissie. Aan de voorwaarden voor de delay-spread voor het AIS systeem wordt voldaan. De inplanting van het North Sea Power windpark zal geen invloed hebben op de datacommunicatie via het AIS systeem.

4.9.3.3.7 *Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op radar en scheepscommunicatie*

Uit de studie van Catrysse (2011) kan algemeen gesteld worden dat de realisatie en inplanting het North Sea Power windpark in de zone 'Westpit' geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet op de grote scheepvaartroutes.

Samenvattend worden de effecten op radar en scheepscommunicatie weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). De effectbeoordeling geldt voor de configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark. Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	a	b		a	b
Constructiefase					
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0
Exploitatiefase					
Schelderadarketen (SRK)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Scheepsradar	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
VHF radiocommunicatiestations	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Radio direction finder (RDF)	0	0	0	0	0
DGPS systeem	0	0	0	0	0
Automatic information system (AIS)	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0
Bekabeling					
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0

4.9.3.4 Mitigerende maatregelen

Er dient op gewezen te worden dat de bewaking van het windpark zelf in de studie van Catrysse (2011) niet aan bod gekomen is. Voor deze opdracht dienen er gepaste maatregelen getroffen te worden, vooral om ook de verre kant van het offshore park adequaat te bewaken. Hierbij dient door de verantwoordelijke instanties onderzocht te worden of een bijkomende radarinstallatie, op een gepaste locatie en met eventueel een beperkte reikwijdte, wenselijk is.

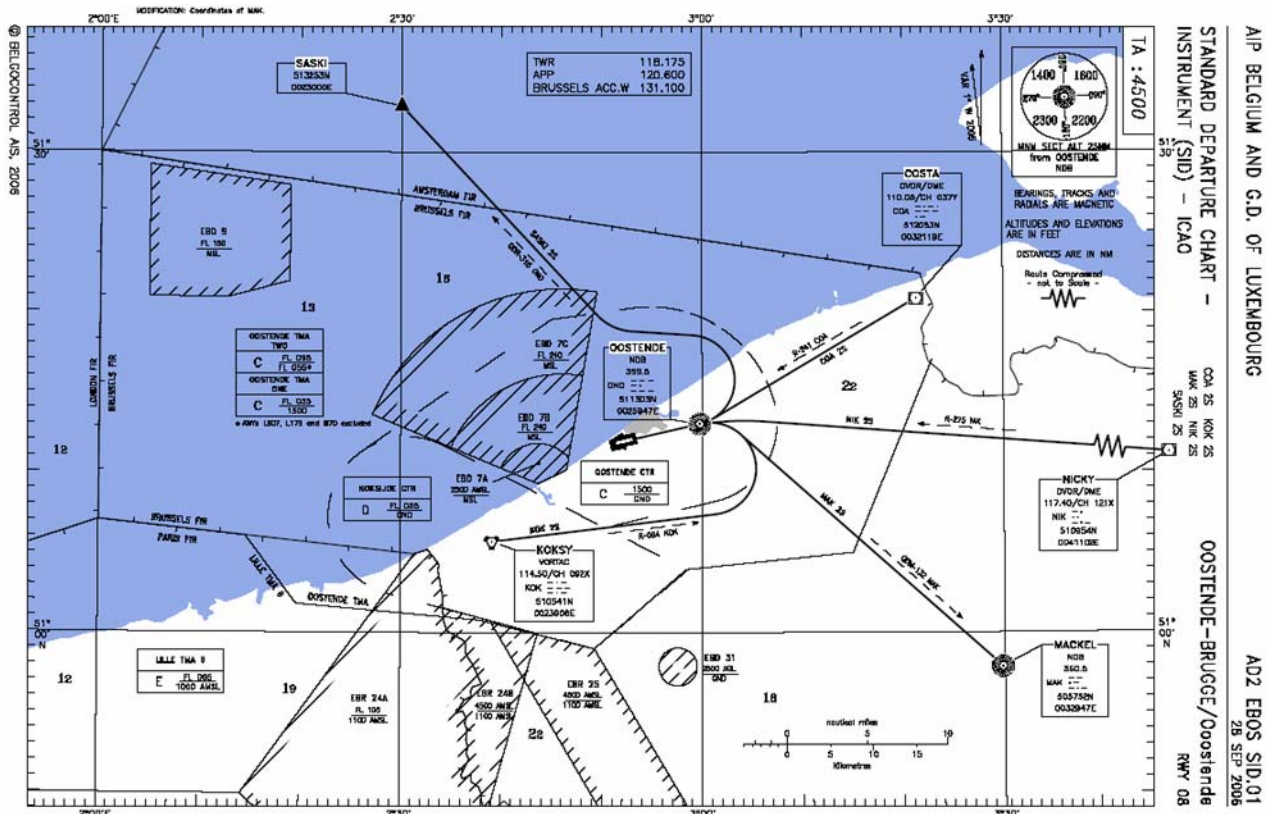
Het is echter evident dat een dergelijke extra radarinstallatie meteen de mogelijke andere offshore windparken zou moeten 'bedienen' (zie ook hoofdstuk 65 'Cumulatieve effecten').

4.9.3.5 Monitoring

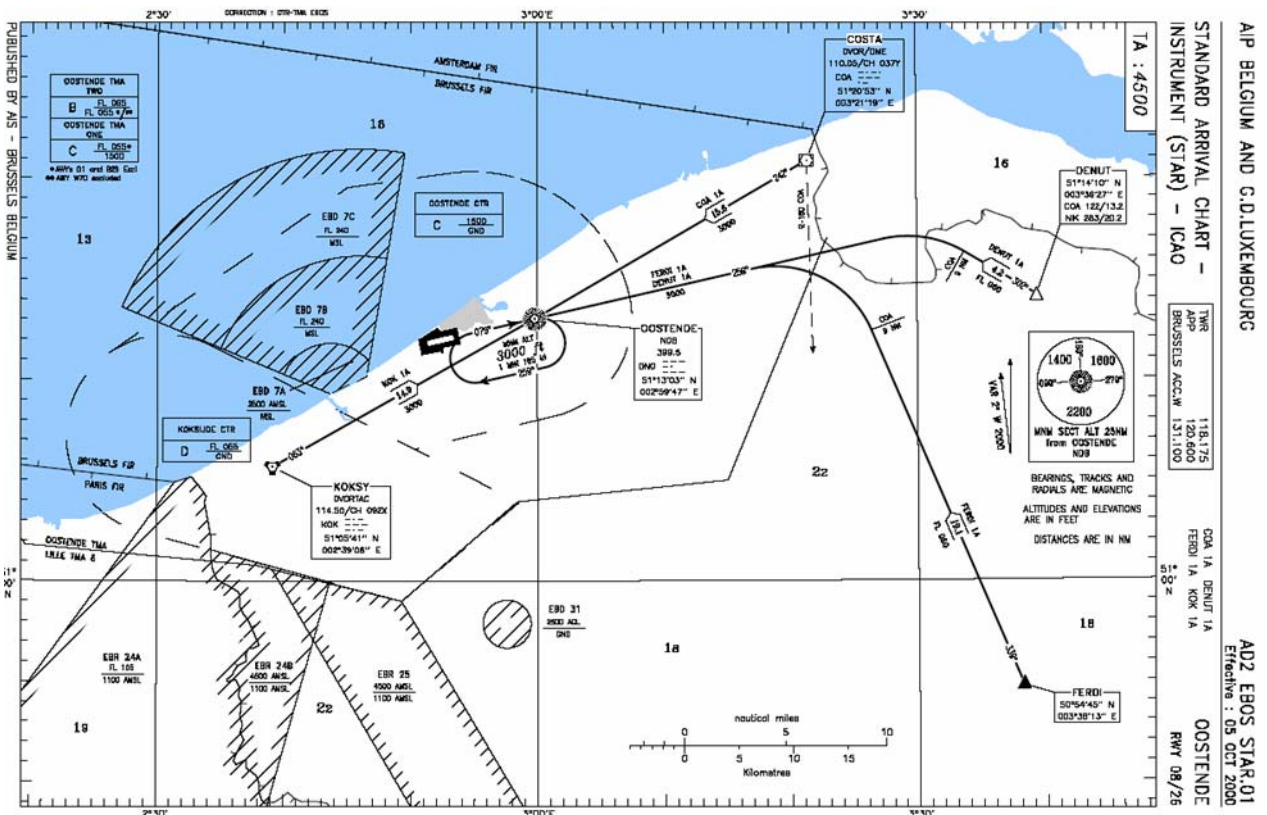
Er wordt geen specifieke milieu-monitoring voorgesteld.

4.9.4 Luchtvaartverkeer

Ter volledigheid wordt in dit MER ook de veiligheid voor het luchtverkeer aangehaald. Hiervoor wordt ook verwezen naar Figuur 4.9.3 en Figuur 4.9.4 met navigatiekaarten waarop de scheidingslijnen (Nederland, België) van beheer voor de luchtvaart zijn aangegeven zijn.



Figuur 4.9.3: Navigatiekaart met scheidslijnen van het beheer voor de luchtvaart (vertrek)



Figuur 4.9.4: Navigatiekaart met scheidslijnen van het beheer voor de luchtvaart (aankomst)

Navraag door de BMM in het kader van het MEB Belwind (2007) bij de Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Vervoer, Directoraat Generaal Luchtvaart, Dienst Luchtruim en Luchthavens heeft uitgewezen dat ondanks de positie van de windconcessiezones in Nederlandse FIR zone, het luchtruim boven Belgisch grondgebied gelegen is waar de Belgische Staat autoriteit heeft. De Belgische richtlijnen betreffende bebakening van hindernissen zoals beschreven in de circulaire CIR-GDF03 (12/06/06 – FOD Mobiliteit en Vervoer) zijn dan ook van toepassing voor het luchtverkeer.

5 CUMULATIEVE EFFECTEN

5.1 INLEIDING

In december 2008 werd door het Europees Parlement het energie/klimaatpakket goedgekeurd (omgezet in richtlijnen in april 2009; waaronder de Europese richtlijn Hernieuwbare Energiebronnen 2009/28/EG) waarbij de doelstelling voor België wordt opgetrokken van 6 % naar 13 % hernieuwbare energie tegen 2020. De recente klimaatconferentie in Cancún (10/12/2010) werd afgesloten met een klimaatakkoord dat mogelijks het pad zal effenen voor een meer doorgedreven internationaal klimaatbeleid en een globaal akkoord in Durban 2011, de volgende klimaatconferentie.

Om tegemoet te komen aan de Belgische energievoorziening heeft Kabinet Noordzee in 2003 zijn Masterplan Noordzee gelanceerd waarin ook een wettelijke zone voorzien wordt voor de productie van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen waaronder windenergie (KB 17/05/2004, gewijzigd bij KB 03/02/2011). Deze zone is gelegen aan de oostelijke zijde van het Belgische deel van de Noordzee en strekt zich uit van iets voor de Thorntonbank tot voorbij de Bligh Bank. Binnen dit gebied komen 3 zandbanken voor die een ideaal terrein vormen voor de ontwikkeling van windparken: de Thorntonbank, de Bank Zonder Naam en de Bligh Bank.

- C-Power NV heeft de nodige vergunningen (o.a. domeinconcessie, kabelvergunning en milieuvergunning) om in de zeegebieden onder Belgische rechtsbevoegdheid ter hoogte van de Thorntonbank een windpark te bouwen en het gedurende 20 jaar uit te baten. In april 2004 zijn de nodige grondonderzoeken gestart. In 2008 is van start gegaan met het plaatsen van de eerste zes windturbines in zee (gravitair), die momenteel reeds operationeel zijn. Het concessiegebied voor windenergie ligt juist ten oosten van zandwinningscontrolezone 1, sector 1A. De verkregen concessie (MB 27/06/2003 en MB 03/02/2010) op de Thorntonbank is opgesplitst in twee gebieden: één ten Westen van de telecomkabel Concerto South1 en de Interconnector gasleiding (deelgebied A) bestaande uit 30 turbines en één ten Oosten (deelgebied B) bestaande uit 24 turbines. In totaal wordt een oppervlakte van 19,9 km² ingenomen voor een maximum geïnstalleerd vermogen van 325 MW. De nog te installeren turbines (48 stuks) zullen vermoedelijk in de zeebodem verankerd worden met jacket funderingen.
- Eldepasco heeft een domeinconcessie (MB 15/05/2006; uitbreiding MB 24/03/2010) verkregen voor de bouw en de exploitatie van een windpark van 72 turbines (totale oppervlakte: 14,30 km²) op de Bank Zonder Naam gelegen op ca. 38 km van de Belgische kust, met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen van 216 MW; het individueel vermogen van de windturbines zal 3 MW bedragen. De milieuvergunning werd toegekend in november 2009. Vermoedelijk zal voor alle turbines het monopile type fundering gebruikt worden.
- Belwind heeft de nodige vergunningen (domeinconcessie, kabelvergunning en milieuvergunning) verkregen voor een grootschalig windturbine project (363 MW) op de Bligh Bank. Een domeinconcessie werd verkregen voor een oppervlakte van 35,4 km² (MB 05/06/2007). Het windpark zal bestaan uit 110 turbines van 3 MW, waarvan momenteel reeds 55 turbines (met monopile funderingen) geplaatst zijn. De overige 55 turbines zullen vermoedelijk eveneens geplaatst worden met monopile funderingen.

- Aan Norther NV is op 5 oktober 2009 een domeinconcessie toegekend voor het blok dat afgebakend is door de in bijlage 1 vermelde coördinaten (gebied met een oppervlakte van ca. 38 km²) met uitzondering van de veiligheidssperimeters van de in het gebied gelegen kabels en pijpleidingen (zie Art.1 §1° MB 05/10/2009). Door Norther NV wordt een aanvraag ingediend voor het bekomen van een wijziging van dit concessiegebied. De wijziging bestaat uit een uitbreiding van het toegekende concessiegebied (conf. blok in bijlage 1 van MB 05/10/2009 van ca. 38 km²) in zuidelijk richting, tot een totale oppervlakte van ca. 44 km². Opnieuw rekening houdende met de bufferzones rond kabels en pijpleidingen gelegen binnen dit gebied bedraagt de beschikbare ruimte toegekend voor de installatie van windturbines ca. 26 km² (aangeduid als concessiegebied *sensu stricto*).
- Tenslotte zijn er twee nieuwe initiatieven die recentelijk een domeinconcessie verkregen hebben voor de bouw en exploitatie van een windpark in de Belgische mariene wateren: Seastar (MB 24/03/2010) en Rentel (MB 04/06/2010). Deze vallen echter buiten de scope van dit milieueffectenrapport daar deze de vergunningsprocedure nog niet aangevat hebben.

De ligging van de reeds vergunde windparken wordt weergegeven in Kaart 5.1.1. Een samenvatting van de belangrijkste parameters van de 4 beschouwde windparken wordt gegeven in Tabel 5.1.1.

Kaart 5.1.1: Ligging van de reeds vergunde windparken (C-Power, Belwind en Eldepasco) en van het North Sea Power windpark

Tabel 5.1.1 : Overzicht van de belangrijkste parameters van de 4 beschouwde windparken

	C-Power	Eldepasco	Belwind	North Sea Power
	<i>Geoptimaliseerd</i>	<i>Uitgebreid</i>		
Ligging	Thorntonbank	Bank Zonder Naam	Bligh Bank	Zuidoosten van Thorntonbank
Afstand kust	27 km	38 km	45 km	20 – 30 km
Aantal turbines	54 (3,6 – 6,15 MW)	72 (3 MW)	110 (3 MW)	47 (conf. 3) 74 (conf. 2) 86 (conf. 1)
Oppervlakte (exclusief veiligheidszone)	19,90 km ²	14,30 km ²	35,4 km ²	44 km ²
Oppervlakte (inclusief veiligheidszone 500 m)	35,07 km ²	23,69 km ²	49,1 km ²	60 km ²
Domeinconcessie	MB 27/06/2003 MB 03/02/2010	MB 15/05/2006 MB 24/03/2010	MB 05/06/2007	MB 5/10/2009
Milieuvergunning	MB 14/04/2004, gewijzigd bij MB 10/05/2006, MB 25/04/2008, vrijstelling wijzigingsvergunning 06/05/2010	MB 19/11/2009	MB 20/02/2008	-
Min. afstand tot C-Power	0	± 6 km	± 12 km	± 1 km
Min. afstand tot Eldepasco	± 6 km	0	± 5 km	± 7 km
Min. afstand tot Belwind	± 12 km	± 5 km	0	± 13 km

	C-Power	Eldepasco	Belwind	North Sea Power
Min. afstand tot North Sea Power	± 1 km	± 7 km	± 13 km	0

Momenteel werden reeds 6 turbines van C-Power (GBF) en 55 turbines van Belwind (monopiles) geïnstalleerd. Voor de (verdere) bouw van de vergunde windparken werd recent volgende planning opgegeven (mededeling BMM, januari 2011):

- C-Power plant de start van bouwfase B in het voorjaar van 2011;
- Eldepasco wil met de voorbereidende werken voor de constructie van het windpark starten in het najaar van 2011;
- De start van bouwfase 2 van het Belwind windpark (55 monopiles) ligt nog niet vast.

Norther plant de bouw van het North Sea Power windpark in de periode 2014-2016. Rekening houdend met de huidige duur van de werkzaamheden en met bovenstaande opgegeven planning, is de kans reëel dat er een overlap zal plaatsvinden van de constructiefase van het North Sea Power windpark met de constructie van één of meerdere reeds vergunde windparken.

5.2 CUMULATIEVE EFFECTEN

De mogelijke effecten van een combinatie van meerdere windparken, kunnen in samenhang met andere menselijke activiteiten op zee leiden tot een cumulatie van effecten. Hierbij kan het gaan om een relatief simpele optelsom van alle effecten van de afzonderlijke activiteiten, maar het zou ook zo kunnen zijn dat bepaalde effecten elkaar versterken, of juist geheel of gedeeltelijk opheffen. Tenslotte kan het zo zijn dat afzonderlijke effecten weliswaar bij elkaar moeten worden opgeteld, maar dat dit niet leidt tot significante problemen voor het leven in en op zee en de betrokken habitats, totdat een vooralsnog onbekende drempelwaarde wordt overschreden, waarna plotseling wel significante problemen ontstaan. In dit laatste geval is er sprake van een niet-lineaire respons.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de mogelijke cumulatieve effecten ten gevolge van de drie momenteel vergunde windparken in het Belgische Deel van de Noordzee (Eldepasco + Belwind + C-Power) in combinatie met het North Sea Power windpark.

Enkel deze effecten die een niet verwaarloosbare (positief of negatief) invloed hebben op een bepaalde discipline zullen worden besproken. Er wordt namelijk verondersteld dat indien een bepaald effect totaal verwaarloosbaar is voor het milieu voor elk windpark afzonderlijk, ook het cumulatieve effect verwaarloosbaar zal zijn. Een uitzondering op deze regel kan worden gemaakt indien het effect van de windparken afzonderlijk dicht een bepaalde drempelwaarde benaderen, waardoor het cumulatieve effect zich in een andere grootteklasse van effecten (matig tot significant) bevindt.

In de meeste gevallen zal het cumulatief effect de som van het effect voor elk windpark zijn ($1+1=2$). In bepaalde gevallen zal echter het cumulatieve effect afwijken van de som van de effecten ($1+1>1$ of $1+1<1$). Beide gevallen zullen worden besproken en indien mogelijk kwantitatief uitgewerkt, het spreekt voor zich dat dit voor het laatste geval met nog meer detail zal uitgewerkt worden.

5.3 BESCHRIJVING EN BEOORDELING VAN DE CUMULATIEVE EFFECTEN PER DISCIPLINE

De cumulatieve effecten zullen worden besproken per discipline voor zowel de constructie-, exploitatie- als ontmantelingsfase en de bekabeling. Eerst en vooral worden in een overzichtstabel de niet verwaarloosbare effecten ten gevolge van het North Sea Power windpark per discipline weergegeven. Hierbij wordt in eerste instantie uitgegaan van de worst case situatie (afhankelijk van het beschouwde effect) en worden deze lokaal beoordeeld m.a.w. ten opzichte van het concessiegebied en niet t.o.v. het BDNZ. Daarnaast wordt de manier aangegeven waarop de cumulatieve effecten zich voordoen. Deze worden vervolgens besproken.

De beschrijving van de cumulatieve effecten is vervolgens gebaseerd op twee configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark, met name configuratiealternatief 1 (86 MP * 3 MW) die de situatie weergeeft met het meeste aantal turbines en configuratiealternatief 3b (47 GBF * 10 MW) die de situatie weergeeft met de grootste turbines.

5.3.1 Bodem

5.3.1.1 Constructiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Invloed op de geologie	Ja	-
Invloed op de bodemkwaliteit	Ja	-
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen	Neen	<S
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door bekabeling	Neen	<S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

5.3.1.1.1 Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen

Het effect is enkel niet verwaarloosbaar bij windparken met gravitaire funderingen. In de volgende tabel worden de parameters voor volume en oppervlakte gegeven voor het cumulatieve scenario waarbij in het North Sea Power concessiegebied enkel monopiles geplaatst worden (most probable scenario; conf. 1) en het 'worst case' scenario met enkel gravitaire funderingen (conf. 3b). Het te stockeren volume is een factor 5,5 groter bij gravitaire funderingen.

Tabel 5.3.1 : Overzicht cumulatieve uitgravingsvolumes en stockage-oppervlaktes

Oppervlakte inname (m ²) / Totaal volume (m ³)	Cumulatief scenario (incl. Conf. 1 - 86 MP * 3 MW) – most probable case	Cumulatief scenario (incl. Conf. 3b - 47 GBF * 10 MW) worst case
Te stockeren volume (m ³)	660.000	3.562.000
Stockage - 1 m (opp. in m ²)	746.000	4.100.000

Oppervlakte inname (m ²) / Totaal volume (m ³)	Cumulatief scenario (incl. Conf. 1 - 86 MP * 3 MW) – most probable case	Cumulatief scenario (incl. Conf. 3b - 47 GBF * 10 MW) worst case
Stockage - 5 m (opp. in m ²)	193.000	1.050.000

Volumes

Voor de volgende cijfers wordt rekening gehouden met bagger- en dumpingsverliezen. Indien gekozen wordt voor de gravitaire funderingen voor het North Sea Power windpark, zal in totaliteit voor de vier vergunde windparken ca. 3,6 miljoen m³ zand gestockeerd worden ten gevolge van de benodigde uitgraving. Voor de andere windparken is uitgegaan van de huidige beslissingen rond het funderingstype: Belwind en Eldepasco (monopile); C-Power (combinatie gravitaire en jacket fundering). Deze stockage treedt gefaseerd in de tijd op: de bouw per park duurt 2 jaren, de bouwperiode per windpark zal verschillen. Ter vergelijking, op het BDNZ is er de voorbije jaren ongeveer een jaarlijks volume van 1,9 miljoen m³ aan zand- en grindextractie voor commercieel gebruik geweest, verspreid over een aantal locaties alsook ongeveer 16 miljoen m³ gebaggerd en terug in zee gedumpt op de voorziene stortplaatsen.

Oppervlakten

De criteria om de karakteristieken van de stockage-zone te bepalen zijn intrinsiek tegenstrijdig: minimale oppervlakte voor het benthos (zie verder), minimale laagdikte om morfologische redenen. Er moet in die optiek een compromis gezocht worden. In elk geval zal voor de vier windparken een stockage-locatie binnen het concessiegebied en op de bank gezocht worden.

Het hanteren van een laagdikte van 5 m in bovenstaande tabel is zodoende een pragmatische bovengrens, die al in het goedgekeurde C-Power project werd gehanteerd als richtwaarde. In Di Marcantonio *et al.* (2007) wordt een pragmatische range van 2 - 7 m voorgesteld als compromis. Uitgaande van voorgaande windpark dossiers, zou het Ministerie van Economische zaken (FODECON) een stockage hoogte van 4 m voorstellen in functie van de scheepvaart.

In vergelijking met de zand- en grindsector die activiteiten kan uitvoeren over een totale oppervlakte van ongeveer 14 % van het BDNZ, is het relatieve aandeel dat tijdelijk wordt ingenomen voor stockage van het uitgraven zand door de windparken beperkt (<0,1 % van het BDNZ).

De stortlocatie wordt best zo dicht mogelijk bij de te installeren windturbines gekozen en ten ZW van de windturbines, zodat het gestockeerde zand via de overheersende vloedstromingen in NO richting de kans krijgt zich te verspreiden over de bank.

De optie om te stockeren per turbine moet – ondanks een relatief grotere oppervlakte-inname – vanuit morfologisch oogpunt zeker overwogen worden, zodat de stockage-kost geminimaliseerd wordt en het gestockeerde zand een optimale kans heeft om op natuurlijke wijze de morfologie ter hoogte van elke funderingsput te herstellen.

De stockage van zand op één locatie (één bepaalde bank) zal hoogstwaarschijnlijk geen effect hebben op de morfologie van de dichtst bijgelegen bank. Er wordt verondersteld dat op termijn het gestockeerde zand verspreid wordt in het natuurlijke zandgolvenpatroon dat op elk van de banken bestaat. Zand dat in de

geulen terechtkomt, zal door de regenererende stroming (in wijzerzin of tegenwijzerzin) rond de zandbank terug betrokken worden in de sedimentdynamiek van de bank. Verder is het zo dat er een tijdsverschil zal optreden tussen de effecten. De vier windparken zullen vermoedelijk slechts gedeeltelijk overlappen qua constructieperiode. Het cumulatieve effect zal daarom kleiner zijn dan de som van de individuele effecten.

5.3.1.1.2 *Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door kabels*

De impact op de morfodynamiek van het BDNZ door de aanleg van de kabels is zeer gering.

Een gezamenlijke installatie van kabels (dichtbij elkaar gelegen trajecten) betekent een geringere impact dan indien elk van de vier projecten verschillende trajecten hanteert. Deze optie is echter enkel nog van toepassing voor het Eldepasco en Norther project, daar de andere exportkabels reeds gelegd zijn.

5.3.1.2 Exploitatiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Invloed op de geologie	Ja	-
Invloed op de bodemkwaliteit	Ja	-
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen	Ja	-
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door bekabeling	Ja	-
Lokale erosie door de constructies	Neen	<S
Erosie langsheen de kabels	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Lokale erosie door de constructies

De lokale erosie door de constructies wordt voor alle windparken tegengegaan door het a priori aanleggen van een erosiebescherming, met uitzondering van de jacket fundering voor het North Sea Power project waar op basis van resultaten van reeds uitgevoerd studies de aanleg van een erosiebescherming rondom de jacket fundering niet noodzakelijk wordt geacht. Indien nodig, wordt voor de vier windparken dus mitigerend opgetreden.

Bij de keuze voor monopiles kan besloten worden op basis van beschikbare literatuur dat de erosiebescherming in de vier gevallen voldoende groot is en er vermoedelijk geen lokale erosie zal optreden. Bij de keuze voor gravitaire funderingen is er enige onzekerheid wegens gebrek aan wetenschappelijk onderzoek en praktijkervaring; er wordt teruggevallen op een veilige extrapolatie van gegevens voor monopiles voor de berekening van de dimensies van de erosiebescherming. Bijkomend wetenschappelijk onderzoek is noodzakelijk, specifiek voor de erosie rondom een gravitaire fundering met een conisch tussenstuk. Gezien de lokale erosie rondom de gravitaire fundering echter niet zal optreden voor elke windturbine tegelijkertijd, laat staan voor de vier windparken, is het cumulatieve effect kleiner dan de som van de individuele effecten. Indien er toch lokale erosie optreedt, kan dit effect vrij eenvoudig weggewerkt

worden door herstellen en bijkomend storten van erosiebescherming. Van den Eynde (2010) stelde vast dat sporen van secundaire erosie niet aangetoond werden ter hoogte van de 6 GBF's op de Thorntonbank.

5.3.1.3 Ontmantelingsfase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Invloed op de geologie	Ja	-
Invloed op de bodemkwaliteit	Ja	-
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen	Ja	-
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door erosiebescherming	Neen	S
Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door bekabeling	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

In elk geval moet later bestudeerd worden en op het einde van de exploitatieperiode beslist worden of volledige verwijdering van fundering, erosiebescherming en kabels de beste optie is voor het milieu voor elk van de vier windparken.

5.3.1.3.1 *Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door funderingen*

Bij verwijdering van de funderingen wordt deze zone aangevuld met bestorting, indien er geopteerd wordt om de erosiebescherming te laten zitten. Zoniet kan er qua cumulatief effect worden verwezen naar de volgende paragraaf.

5.3.1.3.2 *Invloed op het globale sedimenttransport en de morfologie door de erosiebescherming*

Indien de bescherming verwijderd wordt, zal er in essentie een put ontstaan ter hoogte van elke fundering. Het herstelgedrag van dergelijke putten verloopt trager dan voor ondiepe baggersleuven. Het herstel van de funderingsputten is op basis van de huidige kennis niet in te schatten in ruimte en tijd. Het is wel zo dat er geen beïnvloeding zal zijn van de diverse funderingsputten zodat het cumulatieve effect niet groter is dan de som van de individuele effecten.

5.3.2 Water

5.3.2.1 Constructiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Effecten op de hydrodynamica door funderingen en bekabeling	Ja	-
Effecten op de waterkwaliteit door funderingen en bekabeling	Ja	-
Impact op de turbiditeit door funderingen	Neen	S
Impact op de turbiditeit door bekabeling	Neen ?	<S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

5.3.2.1.1 *Impact op de turbiditeit door funderingen*

De constructie van de fundering zal een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken. Deze zal het grootst zijn voor het Norther configuratiealternatief 3b (gravitaire funderingen). In vergelijking echter met de van nature optredende turbiditeitsconcentraties tijdens stormen, wordt dit ongeacht het cumulatief scenario als een aanvaardbaar effect beoordeeld.

Zelfs voor het hypothetische geval dat op verschillende locaties tegelijkertijd funderingen worden aangelegd, is de invloedsstraal van de werken op de turbiditeit in de meeste gevallen te beperkt opdat de turbiditeitspluimen mekaar zouden versterken. In (Ecolas, 2006) wordt namelijk een invloedsstraal vermeld van respectievelijk 5 km voor fijn zand en 1 km voor medium zand. Met uitzondering van de windparken van C-Power en Norther die op een afstand van ca. 1 km van elkaar gelegen zijn, bedraagt de minimale afstand tussen twee windparken 5 km (Tabel 5.1.1). De kans dat de bouwperiodes van C-Power en Norther samenvallen, is echter relatief klein. Ook de eerste monitoringsresultaten van het nabijgelegen C-Power windpark (Thorntonbank) en het Belwind windpark (Bligh Bank) blijken te bevestigen dat de bouw van beide parken hoogstwaarschijnlijk geen significante turbiditeitsverhoging zal veroorzaken (Van den Eynde, 2010).

5.3.2.1.2 *Impact op de turbiditeit door bekabeling*

De impact op de turbiditeit wordt voor de aanleg van parkkabels en exportkabels als zeer tijdelijk en lokaal beoordeeld, zeker in vergelijking met deze impact tijdens de aanleg van funderingen (zie hoger). Het effect wordt eveneens als aanvaardbaar beoordeeld.

Bovendien zou de gezamenlijke (zelfde trajecten) en gelijktijdige installatie van kabels een geringere impact(zone) kunnen betekenen. Hieraan wordt deels voldaan door de kabeltracés van de verschillende projecten Norther, Eldepasco en Belwind zoveel mogelijk op elkaar af te stemmen. Een gelijktijdige installatie van de exportkabel is in de praktijk enkel nog mogelijk voor Eldepasco en Norther, maar gezien de verschillende status (al dan niet vergund) van beide projecten wellicht operationeel moeilijker haalbaar.

5.3.2.2 *Exploitatiefase*

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Effecten op de hydrodynamica door funderingen en bekabeling	Ja	-
Effecten op de waterkwaliteit door funderingen en bekabeling	Ja	-
Impact op de turbiditeit door funderingen	Ja	-
Impact op de turbiditeit door bekabeling	Ja	-

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht op de waterkwaliteit ten gevolge van de exploitatie van de 4 beschouwde windparken, dit ongeacht het configuratiealternatief van Norther.

5.3.2.3 Ontmantelingsfase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Analoge effecten als constructiefase	Ja	-

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen gelijkaardig zijn als in de inrichtingsfase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de constructiefase daar de intensiteit van de activiteiten afneemt (bv. geen nivelleringen van de zeebodem meer, geen baggeractiviteiten gekoppeld aan de aanleg van funderingsputten voor gravitaire funderingen).

5.3.3 Klimatologische factoren en atmosfeer

5.3.3.1 Constructiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Beïnvloeding van de luchtkwaliteit door emissies tijdens de constructiefase	Ja	-

5.3.3.2 Exploitatiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Beïnvloeding van de luchtkwaliteit door vermeden emissies SO ₂ , NO _x en CO ₂	Neen	S
Impact op globaal klimaat	Ja	-
Impact op lokaal windklimaat	Ja	-
Impact op lokaal temperatuursklimaat onder invloed van kabel	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten, <S cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten).

Beïnvloeding van de luchtkwaliteit door vermeden emissies SO₂, NO_x en CO₂

Een belangrijk effect tijdens de exploitatiefase zijn de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van de windparken niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt.

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de vermeden emissies van de verscheidene windparken in vergelijking met klassieke productie.

Tabel 5.3.2: Vermeden emissies windparken (ton/jaar)

Vermeden emissies	SO ₂	NO _x	CO ₂
C-Power	623 / 748	637 / 764	630.000 / 756.000
Belwind	762	779	770.400
Eldepasco	498	510	504.000
North Sea Power	570 / 1.032	582 / 1.056	576.000 / 1.044.000
<i>Totaal</i>	<i>1.193 / 3.040</i>	<i>1.219 / 3.109</i>	<i>1.206.000 / 3.074.400</i>

De vermeden emissies van elk windpark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO₂, NO_x en CO₂. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van de individuele bijdragen.

De Kyoto doelstelling voor België is een reductie van de uitstoot van broeikasgassen tot 130,5 miljoen ton CO₂ equivalent. Voor SO₂ en NO_x bedragen de emissieplafonds in het kader van de NEC-richtlijn respectievelijk 99.000 en 176.000 ton/jaar. De procentuele bijdrage van de vermeden emissies van de verscheidene windparken tot deze reductiedoelstellingen evenals de cumulatieve bijdrage worden weergegeven in Tabel 5.3.3.

Tabel 5.3.3: Bijdrage van de vermeden emissies tot de reductiedoelstellingen (%)

Bijdrage tot reductiedoelstellingen	SO ₂	NO _x	CO ₂
C-Power	0,63 / 0,76	0,36 / 0,43	0,48 / 0,58
Belwind	0,77	0,44	0,59
Eldepasco	0,50	0,29	0,39
North Sea Power	0,58 / 1,04	0,33 / 0,60	0,44 / 0,80
Cumulatieve bijdrage	1,21 / 3,07	0,69 / 1,77	0,92 / 2,36

5.3.3.3 Ontmantelingsfase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Beïnvloeding van de luchtkwaliteit door emissies tijdens de ontmantelingsfase	Ja	-

5.3.4 Geluid en trillingen

5.3.4.1 Constructiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Geluid onder water heien funderingspalen	Neen	S
Geluid boven water heien funderingspalen	Neen	S
Scheepvaart	Ja	-
Baggeren van de funderingen	Neen	S
Baggeren van de kabel	Neen	< S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; > S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten, < S cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten).

Het effect van het geluid en de trillingen tijdens de constructiefase zijn slechts tijdelijk. Er zal enkel een cumulatief effect optreden wanneer de constructiefases gelijktijdig uitgevoerd worden.

5.3.4.1.1 Geluid onder water heien funderingspalen

Het geluid van het heien van funderingspalen kan onder water tot op een relatief grote afstand (verder dan de 4 windparken) propageren met slechts een geringe attenuatie. Maar gezien dat bij het heien een impulsgeluid (niet continue) wordt voortgebracht en de heiactiviteiten slechts tijdelijk voorkomen, zal het

cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windpark. De kans dat de puls van het heien ter hoogte van verscheidene windparken samen valt is namelijk zeer klein.

5.3.4.1.2 *Geluid boven water heien funderingspalen*

Boven water zal het specifieke geluid van het heien van een windpark niet hoorbaar zijn ter hoogte van een ander windpark, het cumulatieve effect zal bijgevolg niet groter zijn dan de som van de effecten per windpark.

5.3.4.1.3 *Baggeren van de funderingen*

Het geluid van het baggeren kan onder water tot op een relatief grote afstand (verder dan de 4 windparken) propageren met slecht een geringe attenuatie. Maar gezien dat het baggeren slechts tijdelijk voorkomt en enkel voorkomt wanneer er gekozen wordt voor een gravitaire fundering, zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windpark.

5.3.4.1.4 *Baggeren van de kabel*

De impact voor het baggeren van de kabels wordt als zeer tijdelijk beoordeeld. Een gezamenlijke en dus gelijktijdige installatie van kabels (zelfde trajecten) zou een minder lange geluidstoename met zich meebrengen dan wanneer elk van de verschillende projecten verschillende trajecten hanteert of kabels legt langs hetzelfde traject maar op een ander tijdstip.

5.3.4.2 *Exploitatiefase*

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Onderwatergeluid van de windturbines	Neen	S
Bovenwatergeluid van de windturbines	Neen	> S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; > S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten, < S cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten).

5.3.4.2.1 *Onderwatergeluid van de windturbines*

Het effect onder water van de windturbines blijft beperkt tot het gebied tussen de turbines en overschrijdt de veiligheidsgrens van 500 m rond het windpark niet.

5.3.4.2.2 *Bovenwatergeluid van de windturbines*

Kaart 5.3.1 geeft de geluidscontouren weer van het specifieke geluid boven water van de 4 windparken samen, met name North Sea Power (worst case 74 x 6,15 MW), Eldepasco (72 x 3 MW), C-Power (54 x 5 à 6 MW) en Belwind (121 x 3 MW) berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.

Kaart 5.3.1: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de cumulatieve situatie wanneer het North Sea Power windpark (worst case configuratie 2: 74 x 5-6 MW), het 'Belwind' windpark (121 turbines van 3 MW), het 'C-Power' windpark (54 turbines van 5 à 6 MW) en het 'Eldepasco' windpark (72 turbines van 3 MW) in werking zullen zijn, boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.

Enkel tussen het Belwind en het Norther windpark ter hoogte van het Eldepasco en C-Power windpark zal het geluidsniveau iets hoger zijn bij de cumulatieve werking van de 4 windparken samen. In deze zone zal het geluid van de windparken iets verder (ca. 1 km) hoorbaar zijn dan wanneer de windparken afzonderlijk in werking zouden zijn. Daar er slechts een gering negatief effect verwacht wordt van de individuele effecten (van de afzonderlijke windparken) zal er ook slechts een beperkt effect aanwezig zijn van het geluid boven water afkomstig van de 4 windparken.

5.3.4.3 Ontmantelingsfase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Geluid onder water	Neen	S
Geluid boven water	Neen	S
Scheepvaart	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; > S: cumulatief effect is groter dan de som van de effecten, < S: cumulatief effect is kleiner dan de som van de effecten).

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen gelijkaardig zijn als in de inrichtingsfase. Voor de meeste effecten zal de impact bovendien geringer zijn dan tijdens de inrichtingsfase. Er wordt daarom verwezen naar paragraaf 5.3.4.1.

5.3.5 Fauna, flora & biodiversiteit

5.3.5.1 Macrobenthos van zachte substraten

5.3.5.1.1 Constructiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Biotoopverstoring	Neen	S
Verlies aan organismen	Neen	<S
Verstoring door sedimentatie	Neen	S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Biotoopverstoring

Het biotoopverstoring wordt bepaald door het funderingstype en het aantal turbines, en is bijgevolg afhankelijk van het configuratiealternatief. De biotoopverstoring wordt opgedeeld in een permanent direct biotoopverlies en een al dan niet tijdelijke indirecte biotoopverstoring ten gevolge van stockage van gebaggerd zand. Indien gekozen wordt voor een 'dynamische' monopile (conf 1b) of een jacket fundering (conf 2) wordt geen bijkomend indirect verlies door de (tijdelijke) stockage van gebaggerd zand veroorzaakt.

Dit indirecte verlies door stockage (laagdikte 5 m) bij keuze voor een 'statische' monopile (conf 1) of gravitaire fundering (conf 3b) wordt voor het North Sea Power windpark respectievelijk op 0,02 % (0/-) en 2,04 % (-) van het concessiegebied s.s. geschat.

Momenteel heeft C-Power 6 gravitaire funderingen geplaatst, en zullen de resterende funderingen van het monopile of jackettype zijn. Ook het Eldepasco en Belwind park zal bestaan uit monopile ('dynamische') funderingen waarbij er geen indirect verlies in rekening wordt gebracht.

Het totaal cumulatief biotoopverlies op basis van de twee beschreven Norther configuratiealternatieven wordt voorgesteld in Tabel 5.3.4.

Tabel 5.3.4 : Biotoopverstoring – Cumulatief scenario (op basis van 2 configuraties Norther)

Biotoopverstoring (m²)	Cumulatief scenario (incl. Conf. 1 - 86 MP * 3 MW)	Cumulatief scenario (incl. Conf. 3b - 47 GBF * 10 MW)
Direct	670.002,24	766.643,35
Indirect (stockage 5 m)	192.165,27	1.049.872,50
Totaal (stockage 5 m)	862.167,50	1.816.515,85

De vier windparken met een totale oppervlakte variërend tussen de 112 km² (excl. externe veiligheidszones) en 166 km² (inclusief 500 m veiligheidszone rond concessiegebied) nemen respectievelijk ca. 47 % tot 70 % in van de afgebakende windconcessiezone of ongeveer 3,1 % tot 4,6 % van het BDNZ. In vergelijking met de zand- en grindsector die goed is voor ongeveer 14 % van het BDNZ blijft het aandeel ingenomen door de 4 offshore windenergie nog beperkt.

De cumulatieve biotoopverstoring is dubbel zo groot voor het scenario inclusief conf 3b (Norther). In vergelijking met het biotoopeffect besproken voor de basisscenario's (bestaande situatie inclusief Norther) waarbij het grootte orde verschil tussen beide basisscenario's een factor 5 bedroeg, is het verschil tussen beide cumulatieve scenario's kleiner. In vergelijking met de basisscenario's wordt hier een extra verstoring van ca. 660.000 m² of m.a.w. 0,28 % ten opzichte van de afgebakende windconcessiezone en 0,02 % ten opzichte van het BDNZ. Deze is voornamelijk gerelateerd met het C-Power project daar hier voor de resterende jacket funderingen nivellering (50 * 80 cm) van de zeebodem en dus ook stockage (indirect biotoopverlies) voorzien wordt.

Ondanks de significante absolute impact (Tabel 5.3.4), kan de totale biotoopverstoring (stockage hoogte 5 m) voor beide cumulatieve scenario's nog steeds als relatief beperkt ingeschat worden ten opzichte van het gehele BDNZ en varieert deze tussen de 0,03 % (incl. conf 1) en 0,05 % (incl. conf3). Bovendien heeft dit relatieve verlies niet plaats in een natuurbeschermingsgebied of een gebied gekenmerkt door een hoge ecologische waarde, waardoor er besloten kan worden dat het cumulatieve verlies aan biotoop voor bentische organismen een gering tot matig negatief effect zal hebben voor beide scenario's en bijgevolg als aanvaardbaar kan worden beoordeeld.

Verlies aan organismen

Het verlies aan organismen is recht evenredig met het biotoopverlies. Uitgaande van de biomassaschatting van 33 g/m² wordt een verlies aan organismen verwacht dat varieert tussen de 28 ton (incl. conf 1) en 60 ton

(incl. conf 3b) (stockage hoogte 5 m). De totale biomassa van het BDNZ wordt na extrapolatie geschat op >100.000 ton. Reeds eerder werd aangewezen dat de beschouwde zandbanken niet geïdentificeerd zijn als gebieden met een zeer hoge natuurwaarde. Er kan dus verwacht worden dat het relatieve verlies ten opzichte van de Belgische marien wateren nog kleiner zal zijn dan dat een ruwe extrapolatie van deze biomassa voor het volledige BDNZ zou geven.

In vergelijking met andere sectoren zoals de boomkorvisserij en de aggregaatextractie is het impactgebied relatief klein. Daarenboven moet bij dit cumulatieve effect rekening gehouden worden met het mogelijke refugium-effect dat ontstaat door de sluiting van het gebied voor andere. In totaal gaat het om een oppervlakte (incl. veiligheidszone 500 m) van 166 km² of m.a.w. ca. 5 % van het BDNZ. Tenslotte kan er nog op gewezen worden dat door de creatie aan nieuw hard habitat de biodiversiteit zal toenemen. Er kan verwacht worden dat deze positieve bijdrage relatief groter zal zijn bij het afsluiten of creëren van een groter aaneensluitend gebied (vandaar cumulatief effect <S).

Het cumulatieve effect moet dus gezien worden als het negatieve effect aan verlies aan organismen door de vier parken, gecorrigeerd met het positieve effect van het refugium en de creatie aan nieuw habitat. Voor het cumulatieve scenario (incl. conf 3b) wordt het totale effect als matig (-) tot gering negatief (0/-) beoordeeld, afhankelijk van de beschouwde schaal (t.o.v. concessiegebied versus BDNZ). Gezien hier het worst case cumulatieve scenario (incl. conf 3b met gravitaire fundering + grootste turbines) wordt voorgesteld, wordt dit effect voor de andere configuratiealternatieven van Norther kleiner ingeschat. Er kan dus besloten worden dat ongeacht het scenario het verlies aan organismen ten gevolge van de windparken als aanvaardbaar (-) kan beschouwd worden.

Verstoring door sedimentatie

Dit type van verstoring is voornamelijk gerelateerd met de baggeractiviteiten nodig voor het plaatsen van de windturbines, de funderingen én het storten van het uitgebaggerde zand (gravitair, statische monopile). De grootte van de impact zal dan ook nauw samenhangen met de biotoopverstoring (zie hoger) en kan voor de verschillende cumulatieve scenario's als aanvaardbaar (0/-) worden beoordeeld.

5.3.5.1.2 Exploitatiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Andere vormen van verstoring	Ja	-

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht voor het macrobenthos van zachte substraten tijdens de exploitatiefase.

5.3.5.1.3 Ontmantelingsfase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Analoge effecten als constructiefase	Ja	-

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht voor het macrobenthos van zachte substraten tijdens de ontmantelingsfase.

5.3.5.1.4 *Bekabeling*

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Biotoopverstoring	Neen (?)	<S
Verstoring door turbiditeit	Ja	-
Elektromagnetische velden	Neen (?)	S
Opwarming	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Biotoopverstoring

Algemeen kan gesteld worden dat de biotoopverstoring ten gevolge van de exportkabels van de verschillende windparken naar de kust niet significant zal zijn. Het impactgebied door de aanleg van bekabeling is namelijk van een grootteorde kleiner als de verstoring beschreven voor de aanleg van het windpark zelf.

Technisch gezien is het leggen van één grote kabel voor de verschillende parken onmogelijk. Er kan echter aangenomen worden dat indien gekozen wordt voor een maximale aansluiting met bestaande trajecten (bundeling), het ruimtebeslag en dus ook het cumulatieve effect⁴ geminimaliseerd wordt. In deze optiek wordt gekozen voor het best beschikbare alternatief voor het milieu. Hieraan wordt reeds voldaan door de keuze van Norther, Eldepasco en Belwind om hun kabeltracés zoveel mogelijk op elkaar af te stemmen.

Elektromagnetische velden

Eventueel kunnen zich cumulatieve effecten voordoen door het ontstaan van elektromagnetische velden rond de kabels, maar deze effecten zijn voor het macrobenthos nog onvoldoende gekend (zie verder 'Epibenthos en vissen van zachte substraten').

5.3.5.2 *Epibenthos en visgemeenschappen van zachte substraten*

5.3.5.2.1 *Constructiefase*

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Biotoopverstoring	Neen	S
Verlies aan organismen	Ja	-
Verstoring door sedimentatie	Neen	S
Geluidsverstoring & trillingen (heien)	Neen	S of >S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Biotoopverstoring

Voor de cumulatieve effecten van biotoopverstoring voor het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten wordt verwezen naar § (Biotoopverstoring – Macrobenthos). De effecten zijn gelijkaardig en worden ongeacht het gekozen scenario als aanvaardbaar beoordeeld.

Verstoring door sedimentatie

Voor de cumulatieve effecten van sedimentverstoring voor het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten wordt verwezen naar paragraaf 5.3.5.1.1 (Verstoring door sedimentatie – Macrobenthos). De effecten zijn gelijkaardig en worden ongeacht het gekozen scenario als aanvaardbaar beoordeeld.

Geluidsverstoring & trillingen (heien)

In § 5.3.4.1 wordt het cumulatieve effect van het heien berekend als de som van de effecten per windpark. Gezien het om een impulsgeluid gaat, wordt het geluid hoogstwaarschijnlijk niet versterkt binnen bepaalde overlapzones waardoor het effect op benthos en vissen vergelijkbaar is als beschreven onder de respectievelijke paragrafen. De ruimte die verstoord wordt door de heiactiviteiten neemt echter toe waardoor ook het percentage benthos en vissen die mogelijks hinder ondervinden lineair toeneemt. Gezien het hoge aandeel aan monopiles en jacket funderingen bij de 4 beschouwde windparken kan het effect als significant negatief beschouwd worden voor beide cumulatieve scenario's, dat mits gebruik van milderende maatregelen tot aanvaardbare niveaus teruggebracht kunnen worden.

Zoals reeds aangegeven in voorliggend MER en in het recent verschenen monitoringsrapport (Norro *et al.*, 2010) bestaat er echter nog veel onzekerheid rond de propagatie van onderwatergeluid in het bathymetrisch complex van het BDNZ en de mogelijke impact op de mariene fauna. Verder onderzoek zowel naar de enkelvoudige en cumulatieve effecten van het heien als mogelijke mitigerende maatregelen is wenselijk.

5.3.5.2.2 Exploitatiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Geluidsverstoring en trillingen	Ja	-
Andere vormen van verstoring	Ja	-

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht voor het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten tijdens de exploitatiefase.

5.3.5.2.3 Ontmantelingsfase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Analoge effecten als constructiefase	Ja	-

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht voor het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten tijdens de ontmantelingsfase.

5.3.5.2.4

Bekabeling

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Biotoopverstoring	Ja	-
Verstoring door turbiditeit	Ja	-
Elektromagnetische velden	Nee (?)	S
Opwarming	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Een analoge redenering als voor het macrobenthos van zachte substraten wordt hier gevolgd. Het impactgebied door de aanleg van bekabeling is van een grootteorde kleiner als de verstoring beschreven voor de aanleg van het windpark zelf. Daarenboven worden deze organismen gekenmerkt door een grotere mobiliteit. Er worden geen cumulatieve effecten verwacht voor het epibenthos en de visgemeenschappen van zachte substraten voor deze vormen van verstoring door de bekabeling van de verschillende windparken.

Elektromagnetische velden

Eventueel kunnen zich cumulatieve effecten voordoen op de visgemeenschappen door het ontstaan van elektromagnetische velden rond de kabels, maar deze effecten zijn nog onvoldoende gekend. Zoals reeds aangehaald, wordt de grootte van de elektromagnetische velden deels bepaald door de technologische opbouw. Zo zou de symmetrische constructie van de drie-aderige exportkabels die door de verschillende windparken gebruikt worden tot een sterke reductie leiden van de elektromagnetische velden. Het ingraven (tot op 1 m) zou daarenboven milderend werken tegen de effecten op gevoelige vissoorten ten gevolge van de sterkste velden. Niettegenstaande tonen recente studies aan dat vissen elektromagnetische straling geproduceerd door industriële kabels waarnemen ook als die begraven liggen. Uit de bespreking voor het North Sea Power windpark en de basisscenario's, zijn het vooral de kraakbeenvissen die gevoelig zijn voor deze vorm van straling.

Het cumulatieve effect van meerdere kabels binnen één park of de nabijheid van verschillende windparken is nog ongekend. Het is nog onduidelijk in welke mate het elektrisch veld zal versterkt of deels opgehoft worden door het bundelen van de kabels. Wel kan de keuze voor synergie met bestaande kabels (exportkabel Belwind/ Eldepasco of bestaande telecomkabels) als gunstig beoordeeld worden doordat het geïmpacteerd gebied hierdoor zo klein mogelijk wordt gehouden. Alle recente literatuur (Boehlert & Gill, 2010; Tasker *et al.*, 2010; Gill *et al.*, 2009) geeft bovendien ook aan dat het op dit moment nog steeds een leemte in de kennis is wat nu het uiteindelijke effect is van elektromagnetische straling op mariene organismen. Verder onderzoek is in beide gevallen aangewezen.

5.3.5.3 Epifauna en visgemeenschappen van harde substraten

5.3.5.3.1 Constructiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Introductie hard substraat	Neen	S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Introductie van hard substraat

De bouw van een offshore windpark zorgt voor een introductie van hard substraat in het van nature zandige biotoop. Meer specifiek gaat het om turbines, funderingen en erosiebescherming. Reeds in het hoofdstuk 'Fauna, flora & biodiversiteit' werd uitvoerig ingegaan op de mogelijke voor- en nadelen van de introductie van hard substraat. In deze paragraaf wordt in de eerste plaats de nadruk gelegd op het oppervlak substraat (turbines + erosiebescherming) dat mogelijks gekoloniseerd kan worden door een nieuwe 'rotskust'-gemeenschap. Gezien de beperkte laagdikte van de erosiebescherming (max. tot 1,6 m laag) werd er reeds op gewezen dat de niches (3-dimensionele structuur) waarschijnlijk volledig met zand zullen gevuld raken, waardoor we kunnen aannemen dat enkel het oppervlak bepalend zal zijn.

Afhankelijk van het scenario is de cumulatieve bijdrage van de 4 parken 344.234 m² (incl. Norther conf 1) of 451.436 m² (Norther conf 3b) (Tabel 5.3.5). In vergelijking met de biotoopverstoring tijdens de constructiefase, is het impactgebied hier kleiner. Het cumulatieve effect wordt Uit Tabel 5.3.5 wordt duidelijk dat vooral het aandeel van de erosiebescherming bepalend is voor het cumulatief scenario (incl. conf 3b), ten gevolge van het gebruik van de gravitaire fundering voor Norther configuratiealternatief 3b. Indien we rekening houden met het gegeven dat in geval van de gravitaire fundering de erosiebescherming grotendeels onder de zeebodem zal verdwijnen daar deze voornamelijk mee ingebed ligt in de ingegraven funderingskuil, dan is de impact van dit worst case cumulatief scenario te relativeren. In tegenstelling tot de gravitaire fundering waar het aandeel van de erosiebescherming veel groter is dan het aandeel hard substraat door de plaatsing van de turbines (incl. fundering), is er een meer evenwichtige verhouding van beide componenten terug te vinden bij de monopiles, wat zich vertaalt in het cumulatief scenario (incl. conf 1) (Tabel 5.3.5).

Tabel 5.3.5 : Introductie hard substraat – Cumulatief scenario (op basis van 2 configuraties Norther)

Introductie hard substraat (m ²)	Cumulatief scenario (incl. Conf. 1 - 86 MP * 3 MW)	Cumulatief scenario (incl. Conf. 3b - 47 GBF * 10 MW)
Fundering/ turbine	160.541	152.044
Erosiebescherming	183.693	299.391
Totaal	344.234	451.436

Een tweede mogelijks cumulatief effect van de introductie van hard substraat is de rol die deze kunnen spelen in de verspreiding en de instandhouding van niet-inheemse soorten. Reeds in de discipline 'fauna en flora' werd aangehaald dat niet minder dan 90 niet-inheemse soorten zich reeds in de Belgische kustwateren

gevestigd hebben. De eerste monitoring resultaten van het C-Power windpark (Kerckhof *et al.*, 2009; 2010) bevestigen de druk van niet-inheemse soorten. De belangrijkste anthropogene oorzaken van de toename aan niet-inheemse soorten zijn tot op heden de groei in scheepvaart en maricultuur. Gezien vreemde soorten voornamelijk door het lozen van ballastwater geïntroduceerd worden, en dit meestal niet in open zee gebeurt, zou het grootste gevaar afkomstig kunnen zijn van maricultuur. Ondanks de toekenning van 4 zones waaronder de afgebakende windconcessiezone voor productie van twee-kleppigen, vinden dergelijke activiteiten momenteel niet plaats in het BDNZ.

Ongeacht de voor- en nadelen van deze introductie, wordt het effect in beide scenario's als aanvaardbaar beschouwd. Enige voorzichtigheid is wel op zijn plaats en verdere monitoring om deze resultaten te bevestigen zijn wenselijk.

5.3.5.3.2 Exploitatiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Geluidsverstoring en trillingen	Ja	-
Andere vormen van verstoring	Ja	-

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht voor de epifauna en de visgemeenschappen van harde substraten tijdens de exploitatiefase.

5.3.5.3.3 Ontmantelingsfase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Analoge effecten als constructiefase	Ja	-

Er worden geen cumulatieve effecten verwacht voor de epifauna en de visgemeenschappen van harde substraten tijdens de ontmantelingsfase.

5.3.5.3.4 Bekabeling

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Biotoopverstoring	Ja	-
Verstoring door turbiditeit	Ja	-
Elektromagnetische velden	Nee (?)	S
Opwarming	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Elektromagnetische velden

Eventueel kunnen zich cumulatieve effecten voordoen door het ontstaan van elektromagnetische velden rond de kabels, maar deze effecten zijn nog onvoldoende gekend (zie verder 'Epibenthos en vissen van zachte substraten').

5.3.5.4 Vogels

5.3.5.4.1 Constructiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Verstoring door sedimentatie	Ja	-
Barrièrewerking	Ja	-
Geluidsverstoring en trillingen	Ja	-

Op basis van bovenstaande tabel kan er afgeleid worden dat de effecten op avifauna tijdens de constructiefase als gering negatief (verwaarloosbaar) worden ingeschat. Mede op basis hiervan worden geen cumulatieve effecten verwacht tijdens de constructiefase. Er kan wel gesteld worden dat het mogelijke effect van verstoring kleiner zal zijn indien er geen overlapping in bouwperiodes van de verschillende windparken zal optreden dan dat deze wel zullen samen vallen. Op die manier zal de zone waar verstoring zal optreden kleiner zijn dan wanneer alle parken tegelijk worden gebouwd. Echter zal hierdoor wel de duurtijd van de verstoring toenemen. In alle gevallen (afzonderlijk bouwen of samen bouwen) zal de som van de verstoringseffecten aanvaardbaar zijn, en worden er geen significante effecten verwacht op de verschillende vogelsoorten.

5.3.5.4.2 Exploitatiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Aanvaringsaspect	Nee	S
Verstoringsaspect	Nee	S of >S (?)

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Aanvaringsaspect

Momenteel is het zeer moeilijk om de cumulatieve effecten met betrekking tot aanvaring in te schatten. Voorlopig worden namelijk nergens anders in Europa verschillende windparken zo dicht bij elkaar gebouwd als op het Belgische deel van de Noordzee (BDNZ). Om die reden is het van groot belang dat er een goede opvolging en monitoring van de aanvaringsaspecten wordt uitgevoerd.

Er kan verwacht worden dat de aanwezigheid van een groot aantal windparken in een relatief kleine zone een licht verhoogde mortaliteit van zeevogels op populatieniveau tot gevolg kan hebben. De reden hiervoor ligt hem in het feit dat zeevogels typische K-geselecteerde soorten³⁶ zijn, wat wil zeggen dat ze lang leven en jaarlijks een laag aantal jongen groot brengen. Ook al vallen er waarschijnlijk relatief gezien weinig

³⁶ K-geselecteerde soorten zijn soorten waarvan de populatiegroei stopt wanneer de populatie de draagkracht van het habitat (K) heeft bereikt.

aanvaringsslachtoffers, dit kan op lange termijn toch een significant effect hebben op de populatie van bepaalde soorten (Drewitt & Langston, 2006).

Het aanvaringsrisico voor vogels wordt zoals reeds aangehaald, voornamelijk bepaald door de vogelflux en de hoogte waarop ze vliegen. Op basis van de vaststellingen van Vanermen *et al.* (2006), Garthe & Hüppop (2004), Scira (2006), Vanermen & Stienen (2009) kan toch het volgende verwacht worden:

- De bijlage I soorten Grote stern en Visdief vliegen doorgaans zeer laag en zijn bijgevolg minder gevoelig voor aanvaring. Ook Fuut, Noordse stormvogel en Zwarte zee-eend zijn soorten die zelden op rotorhoogte vliegen, waardoor zij eveneens minder gevoelig zijn voor aanvaring. De aanwezigheid van meerdere windparken binnen een bepaalde zone zal waarschijnlijk weinig aan hun vlieggedrag veranderen en zal vermoedelijk niet leiden tot een bijkomend cumulatief effect.
- Alk en zeekoet zijn soorten die de windparkzone doorgaans vermijden en bijgevolg niet tot aanvaring komen met de windturbines. De aanwezigheid van meerder windparken heeft voor deze soort bijgevolg meer een effect m.b.t. vermijding en de daarmee gepaard gaande verstoring van deze soort.
- De grote meeuwen (Kleine mantelmeeuw, Grote mantelmeeuw en Zilvermeeuw) zijn eerder algemeen voorkomend op het BDNZ en zullen door de combinatie van hun grote formaat, lage wendbaarheid en de vlieghoogte het gevoeligst zijn voor aanvaring. Of de aanwezigheid van meerdere windparken binnen een relatief kleine afstand van elkaar een bijkomend effect zal hebben op de aanvaring van deze soorten kan momenteel nog niet gezegd worden. Verder onderzoek is hierbij wenselijk.
- Drieteenmeeuw, Jan van Gent, Grote jager en Stormmeeuw zijn matig gevoelig voor aanvaring. Ook hier kan nog niet besloten worden of de aanwezigheid van meerdere windparken binnen een relatief kleine afstand van elkaar een bijkomend effect zal hebben op de aanvaring van deze soorten en is verder onderzoek wenselijk.

Verstoringaspect

Habitatverlies

De aanwezigheid van de windparken kan voor verstoringgevoelige zeevogelsoorten een verlies van habitat betekenen. Dit is voornamelijk het geval tijdens de winterperiode, waarbij grote aantallen zeevogels zich op het BDNZ concentreren vooraleer ze naar hun broedgebieden trekken. De aanwezigheid van de windparken kan tevens een vermindering van foerageergebied betekenen voor bepaalde verstoringgevoelige vogelsoorten.

Jan van Gent, Zeekoet, Alk en Drieteenmeeuw zijn soorten die in grote aantallen voorkomen ter hoogte van de vier windparken. Kleine Mantelmeeuw en Grote Mantelmeeuw zijn eerder algemene soorten die verspreid over het BDNZ voorkomen. De drie banken (Bligh Bank, Thorntonbank en Bank Zonder Naam) vormen voor deze soorten echter geen concentratiegebieden.

Er bestaat vooralsnog onduidelijkheid over de uitstralende werking van een offshore windpark en dus ook over het werkelijke effect van ruimtebeslag van een windpark of meerdere samen op zee. De inschatting van het cumulatieve verstoringseffect van de vier windparken samen wordt gebaseerd op, enerzijds de algemeen uitstralende werking van elk windpark en anderzijds het vermijdingsgedrag van de soorten die er

voorkomen. De algemeen uitstralende werking is afgeleid van het vermijdingsgedrag van de soorten, maar wordt toch als een afzonderlijke parameter beschouwd voor de bepaling van het verstoringseffect.

Uit ervaringen in Denemarken wordt de uitstralende werking van één windpark op enkele kilometers ingeschat. Bureau Waardenburg heeft een verstoring voor zeevogels geconstateerd tot op een afstand van zeker 4 kilometer tot het park van Horns Rev (Grontmij, 2006).

Als parken dicht tegen elkaar worden gebouwd, kan er bijgevolg een zekere overlapping van de verstoringseffecten optreden. Het windpark van Belwind ligt op ca. 5 km van het windpark van Eldepasco. Dat van Eldepasco ligt op ca. 6 km van dat van C-Power. Het windpark van Norther zal op ca. 1 km van het windpark van C-Power worden gebouwd. Rekening houdend met een uitstralende werking van ongeveer 4 km, kan er bijgevolg voor de verstoring aangenomen worden dat de vier windparken samen als één cluster kunnen beschouwd worden. Dit heeft tot gevolg dat ook de zeegebieden tussen de afzonderlijke windparken aan kwaliteit als zeevogelhabitat kunnen inboeten. Indien hiermee rekening wordt gehouden, zal de zone waar de windparken gelegen zijn met een bufferzone van 4 km minder geschikt zijn als habitat voor bovenvermelde zeevogels. Deze zone komt ongeveer overeen met de recent uitgebreide windconcessiezone (= de afgebakende zone voor de ontwikkeling van windenergie volgens het KB 17/05/2004) die op het BDNZ is afgebakend. Deze zone heeft een oppervlakte van ca. 238,49 km² of 6,6 % van het BDNZ. Dit cumulatief effect kan echter op basis van de huidige gegevens niet hard gemaakt worden. Bijkomend onderzoek naar dit mogelijks cumulatieve effect en naar de uitstralende werking van één windpark is noodzakelijk.

Barrière-effect

Een laatste cumulatieve effect is het barrière-effect van de vier windparken samen. Het barrière-effect is vooral van belang ten aanzien van de migrerende vogels. De Zuidelijke Noordzee vormt een zeer belangrijke corridor voor migrerende zeevogels en niet-zeevogels (Lensink *et al.*, 2002; Vanermen *et al.*, 2006). Jaarlijks migreren naar schatting 1 – 1,3 miljoen zeevogels door dit gebied (Stienen *et al.*, 2007). Een zeer belangrijk kenmerk, wat deze corridor zo kwetsbaar maakt, is de flessenhals van deze corridor. Het is daarom van groot belang dat het barrière-effect in relatie tot migrerende vogels op deze locatie gemonitord wordt.

Onderzoek ter hoogte van Horns Rev (Grontmij, 2006) toont aan dat de vermijding binnen een operationeel windpark voor de meest gevoelige soorten zoals Alk / Zeekoet 100 % bedraagt. In een zone tot 2 km rond het park werden voor deze twee soorten nog aanzienlijk verminderde aantallen gevonden, met respectievelijk 87 en 47 %. Tussen de twee en vier kilometer van dit park was dit nog 56 en 28 %. Verder weg van het park geven de Deense onderzoekers geen getallen, maar gezien het bovenstaande, mag verondersteld worden dat ook verder dan 4 km nog enige verstoring optreedt voor deze soorten. Hierbij dient wel opgemerkt dat er een groot verschil is tussen de locatie van Horns Rev en Nysted (Denemarken) in vergelijking met de Zuidelijke Noordzee, die de vorm van een flessenhals heeft.

Voor Jan van Gent waren alleen cijfers beschikbaar van de zone van 2 tot 4 km vanaf de periferie van het windpark, waar een reductie van de aantallen ten opzichte van de nulsituatie werd gemeten van ca. 80 %. Op basis van dat gegeven werd verondersteld dat het vermijdingspercentage in het park 100 % bedraagt en ca. 90 % bedraagt in de zone van 0-2 km.

Hetzelfde Deense onderzoek liet geen vermijdingsgedrag zien bij Zilvermeeuw, Dwergmeeuw, Noordse Stern / Visdief. Ook Everaert & Stienen (2006) geven aan dat de aanwezigheid van de windturbines op de strekdammen van de haven van Zeebrugge weinig verstoring, afgezien van de aanvaringen, tot gevolg heeft op de broedende stern en op het sterneneiland. Hier dient wel opgemerkt dat er in geval van het sterneneiland vanuit gegaan wordt dat de broedende stern enige gewenning vertonen t.o.v. de aanwezige windturbines die op de strekdam aanwezig zijn.

Voor Drieteenmeeuw die een belangrijke soort is ter hoogte van de vier windparken zijn er geen onderzoeksgegevens voorhanden. Met enige voorzichtigheid zou er kunnen aangenomen worden dat deze soort op gelijkaardige manier zal reageren als de andere meeuwensoorten t.h.v. Horns Rev. Vanermen *et al.* (2006) geven aan dat Drieteenmeeuw matig gevoelig is voor verstoring. Gezien de meeuwen binnen een windpark geen vermijding vertonen, kan er met enige voorzichtigheid verwacht worden dat de meeuwen (inclusief Drieteenmeeuw) geen vermijding zullen vertonen t.o.v. de aanwezigheid van vier windparken die gemiddeld op ca. 5 km ten opzichte van elkaar gelegen zijn.

Wat Jan van Gent betreft, wordt op basis van de huidige informatie het cumulatief effect van de aanwezigheid van de vier windparken als significant beschouwd. Voor de zone van 4-6 km wordt een vermijdingspercentage van 10 % aangenomen. De drie windparken met uitzondering van Norther zijn op een gemiddelde afstand van 5 km en voor Norther en C-Power op ca. 1 km van elkaar verwijderd, waardoor een overlapping ontstaat tussen de zones waar een significant vermijdingsgedrag optreedt. Op basis van dit gegeven en in een worst case benadering, kan er verwacht worden dat Jan van Gent de volledige windparkzone (238,49 km² of 6,6 % van het BDNZ) die op het BDNZ afgebakend is zo goed als volledig zal vermijden. Aangezien deze redenering momenteel enkel gebaseerd is op de vaststellingen ter hoogte van Horns Rev, is monitoring van dit verstoringseffect van belang.

Ook op basis van het recente monitoringonderzoek van Vanermen & Stienen (2009) kunnen er naar vermijdingsgedrag nog geen duidelijke besluiten genomen worden.

Het voorziene radaronderzoek die zal uitgevoerd worden in opdracht van BMM zal tevens de vermijdingsreactie van de vogels in kaart brengen. Tijdens de reeds uitgevoerde monitoring ter hoogte van het windpark van C-Power werd dat aspect nog niet beschreven.

5.3.5.4.3 Ontmantelingsfase

De effecten tijdens de ontmantelingsfase zullen gelijkaardig zijn als in de inrichtingsfase. Er worden bijgevolg geen significante cumulatieve effecten verwacht.

5.3.5.4.4 Bekabeling

Ten gevolge van de bekabeling worden er geen cumulatieve effecten op vogels verwacht.

5.3.5.5 Zeezoogdieren

De bruinvis, gewone zeehond, grijze zeehond, tuimelaar en witsnuitdolfijn worden in de Belgische wateren als inheems beschouwd. De tuimelaar is heden in het BDNZ echter vrijwel uitgestorven. De bruinvis is de

meest algemene soort in de Belgische mariene wateren. Bruinvissen komen het hele jaar voor, maar worden vooral in de late winter en het vroege voorjaar (1 januari tot 30 april) waargenomen.

Ten opzichte van de totale populatiegrootte van witsnuitdolfijnen, tuimelaars en grijze en gewone zeehond van de Noordzee, zijn de voorkomende aantallen van deze soorten in Belgische wateren eerder van ondergeschikt belang. Voor de bruinvis is het BDNZ wel van belang binnen Europa, gezien de Belgische wateren tijdens migratiebewegingen tijdelijk door een groot deel van de Noordzeepopulatie gebruikt worden (Haelters, 2009; Haelters & Camphuysen, 2009; Degraer *et al.*, 2010b; Haelters *et al.*, 2010).

De cumulatieve effecten op zeezoogdieren worden afzonderlijk besproken voor de constructie- en de exploitatiefase. De effecten die tijdens de ontmantelingsfase zullen optreden, zullen gelijkaardig zijn als diegene tijdens de constructiefase. De cumulatieve effecten die door de bekabeling kunnen optreden (verstoring en elektromagnetische straling), zijn allen verwaarloosbaar.

5.3.5.5.1 Constructiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Wijzigingen in voedselbeschikbaarheid	Ja	-
Verstoring (o.a. geluid en trillingen)	Neen	S

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Wijziging in voedselbeschikbaarheid

Tijdens de bouwphase wordt verwacht dat de vispopulaties van kabeljauw- en haringachtigen tijdelijk zullen afnemen. Deze vissoorten vormen de belangrijkste voedselbronnen voor bruinvis.

Indien aan de vier windparken tegelijkertijd (verder) gebouwd zou worden, zal een groot deel van het concessiegebied voor windturbines verstoord zijn en bestaat een reële kans dat haring- en kabeljauwachtigen de volledige zone tijdelijk verlaten. De gevolgen daarvan zijn moeilijk te voorspellen gezien de voedselbronnen en het foerageergedrag van de bruinvis in de zuidelijke Noordzee in het bijzonder niet goed gekend zijn.

Het cumulatief effect wordt als gering negatief beoordeeld gezien de wijziging in voedselbeschikbaarheid tijdelijk van aard is en gezien verwacht wordt dat de voedselbronnen zich zullen herstellen na de constructiefase.

Verstoring

Tijdens de constructiefase van meerdere windparken tegelijkertijd, zullen door baggerwerken, verhoogde scheepvaartintensiteit en aanleggen van kabels en erosiebescherming zeezoogdieren verstoord worden in de respectievelijke werfzones en omliggende gebieden. Mogelijk ontstaat er in bepaalde gebieden tussen de windparken een verhoging van het geluidsniveau in vergelijking met het afzonderlijk aanleggen van de windparken. Wanneer monopiles of jacket funderingen ingezet worden, zullen heiwerkzaamheden een verhoging van het onderwatergeluid en trillingen met zich meebrengen, wat tot significant negatieve effecten op zeezoogdieren kan leiden. De 48 nog te plaatsen turbines van C-Power zullen verankerd worden met een

jacket funderingstype, terwijl de 55 nog te installeren turbines van Belwind en 72 turbines van Eldepasco gefundeerd zullen worden met monopiles. Norther kan eveneens gebruik maken van monopiles (configuratie 1 of 2).

Bij het heien van palen kan echter niet verwacht worden dat de heislagen synchroon gegeven zullen worden in de verschillende parken. Vandaar dat in dit geval het absolute geluidsniveau vermoedelijk niet hoger zal zijn dan bij het afzonderlijk aanleggen van windparken. Deze verhoging van het geluidsniveau zal echter over een langere periode voorkomen, waardoor de mogelijke effecten eveneens negatiever kunnen zijn dan bij het afzonderlijk uitvoeren van de werken, of over een groter gebied kunnen optreden. Niet enkel de geluidsintensiteit en de frequentie van het geluid is immers belangrijk, ook de duur: de blootstelling aan geluid gedurende een korte periode veroorzaakt minder schade dan een langdurige blootstelling (Di Marcantonio *et al.*, 2009; Tasker *et al.*, 2010).

Er wordt verwacht dat zeezoogdieren de zone voor een langere periode zullen verlaten. Het effect zal gelijk zijn aan de som van de effecten per windpark. De langere duur van blootstelling aan hoge geluidsniveaus kan echter leiden tot een cumulatief effect dat groter is dan de som van de effecten. Het effect van verstoring dient daarom goed opgevolgd te worden in het monitoringsprogramma. Indien rekening gehouden wordt met de voorgestelde mitigerende maatregelen en aanbevelingen (o.a. heiwerkzaamheden uitvoeren in een zo kort mogelijke periode) en het feit dat de bouwfase slechts tijdelijk van aard is, wordt het effect als matig negatief beoordeeld.

5.3.5.5.2 Exploitatiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Fysische aanwezigheid windpark	Neen	S (?)
Verstoring door onderhoudswerkzaamheden	Neen	S
Verstoring door geluid en trillingen	Neen	S of >S (?)
Wijzigingen in voedselbeschikbaarheid	Neen	S (?)

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Fysische aanwezigheid van de windparken en verstoring door onderhoudswerken

De aanwezigheid van windturbines en/of onderhoudswerkzaamheden kunnen een impact hebben op de vermindering in gebruik van een gebied of kunnen leiden tot een volledig verlaten van een gebied. Door de toenemende oppervlakte ingenomen door windturbines neemt het gebied waarbinnen deze effecten kunnen optreden eveneens toe. Observaties bij verscheidene operationele windparken geven geen eenduidig beeld van de effecten; in sommige gevallen wordt een significante afname van het gebruik van het park waargenomen terwijl er bij andere parken geen enkele aanwijzing voor een gedragswijziging gedetecteerd wordt (zie hoofdstuk 4, effectbespreking 'Fauna & Flora – Zeezoogdieren'). Met enige voorzichtigheid zou er kunnen verwacht worden dat er enige gewinning optreedt. Op basis van deze onderzoeksresultaten kan er bijgevolg geen eenduidig effect vastgesteld worden.

Het cumulatief effect bestaat uit de som van de effecten per park afzonderlijk en kan naar alle waarschijnlijkheid als gering negatief worden beoordeeld.

Verstoring door geluid en trillingen

Tijdens de exploitatiefase produceren de windturbines geluid in de lucht en via de windturbine en de fundering ook in het water. Het geluid gemeten onder water levert een verwaarloosbare bijdrage aan het onderwatergeluid. Experimenten (Koschinski *et al.*, 2003) en monitoringstudies van het windpark van Horns Rev (Tougaard *et al.*, 2006a, 2006b; Vattenfall A/S, 2006) tonen aan dat de geluidsproductie van de windturbines tijdens de exploitatiefase geen impact heeft op het gedrag van de bruinvissen.

Er treedt evenwel een cumulatief effect op, als som van het geproduceerde onderwatergeluid van alle windturbines samen, maar er kan verwacht worden dat dit geen significant effect zal hebben op de aanwezige zeezoogdieren. Toch is monitoring wenselijk om het cumulatief effect van de vier windparken te evalueren en op te volgen.

Wijziging in voedselbeschikbaarheid

Momenteel is er nog te weinig onderzoek uitgevoerd naar de wijziging van de voedselbeschikbaarheid voor zeezoogdieren als gevolg van de aanwezigheid van windparken. De steeds toenemende oppervlakte ingenomen door windparken, waar geen visserij mag/kan uitgevoerd worden, kan leiden tot een toename van het visbestand in het gebied voorzien voor windparken. Dit zou een groter voedselaanbod voor zeezoogdieren betekenen. Er bestaat een mogelijkheid dat rond gravitaire fundering in vergelijking met een monopile of jacket fundering meer vissen zullen voorkomen, door een grotere aanwezigheid van nieuw, artificieel, hard substraat. Bewijzen van deze veronderstelling zijn er echter nog niet. Monitoring is bijgevolg aangewezen.

5.3.6 Zeezicht & Cultureel erfgoed

5.3.6.1 Constructiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Effect op zeezicht	Nee	S
Effect op cultureel erfgoed	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

De constructieactiviteiten van een windpark kunnen een effect op de beleving van toeristen, bewoners en vissers hebben. Beïnvloeding van het zeezicht kan optreden door het af- en aanvaren van schepen enerzijds en het uitvoeren van de bouwwerkzaamheden op zee anderzijds. De uitvoeringstermijn voor de bouw van de vier beschouwde parken zal zich vermoedelijk uitstrekken over een periode van 5 jaar. De bouwperiodes kunnen deels overlappen waardoor de verstoring zal verminderen in duur, maar wel een verhoogde intensiteit van verstoring met zich mee zal brengen. Gezien de concentratie van de windparken binnen één afgebakende windconcessiezone zal de verstoring grotendeels aan de oostkust voelbaar zijn. Reeds in

hoofdstuk 4.7 'Zeezicht' werd aangehaald dat deze impact ook als een extra toeristische attractie kan beoordeeld worden. Ongeacht dit gegeven, wordt het cumulatieve effect als matig negatief beoordeeld.

Ter hoogte van de windparken zijn er geen wrakken gekend, waardoor er binnen de concessiegebieden geen negatieve effecten verwacht worden op het cultureel erfgoed.

5.3.6.2 Exploitatiefase

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Effect op zeezicht	Neen	>S of <S (?)
Effect op cultureel erfgoed	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Een selectie van de uitgevoerde visualisaties van de vergunde windparken (inclusief alle turbines) in combinatie met het North Sea Power windpark wordt weergegeven in Bijlage 5.3.1. De visualisaties geven de zichtbaarheid van de windparken weer onder de meest realistische en de meest optimale omstandigheden. Er werden visualisaties gemaakt voor het beschreven cumulatief scenario met inbegrip van de drie configuratiealternatieven van North Sea Power vanuit drie gezichtspunten (de dijk van Knokke, de dijk van Zeebrugge en de dijk en het strand van Blankenberge).

[Bijlage 5.3.1: Visualisaties van het cumulatief scenario \(Foto's: Grontmij; Simulaties en montage: ARCADIS Nederland\)](#)

Het verschil met het eerder besproken basisscenario (zie discipline 'Zeezicht') is klein daar het voornamelijk de dichtst bijgelegen windparken (North Sea Power en C-Power) zijn die het zeezicht bepalen. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van de verschillende parameters wordt verwezen naar hoofdstuk 4.7 – Discipline Zeezicht.

Door de combinatie van meerdere windparken zal een zekere 'verdichting' van de zone in het gezichtsveld optreden, waarbij het met het stijgende aantal windturbines in de gehele windparkzone steeds moeilijker zal worden om afzonderlijke windturbines te onderscheiden (Di Marcantonio *et al.*, 2009). Dit egalere beeld kan positiever ervaren worden in vergelijking met het zicht op de windparken afzonderlijk, maar het omgekeerde effect is eveneens mogelijk, waarbij een groter aantal turbines als 'drukker' ervaren wordt. Doordat de verscheidene windparken gefaseerd gebouwd worden, is het mogelijk dat een langzame gewenning zal optreden aan het wijzigende zeelandschap, waarbij na volledige finalisatie van de drie projecten de impact als minimaal wordt beschouwd (Di Marcantonio *et al.*, 2009). Concentratie van de verscheidene windparken in één juridisch afgebakende zone beperkt de omvang van het impactgebied zo veel mogelijk, en bovendien kan een hogere energieproductie³⁷ verkregen worden met slechts een beperkte toename aan zichtverstoring (<S). Het cumulatieve effect wordt dan ook als aanvaardbaar ingeschat.

³⁷ De totale productie door de vier beschouwde parken bedraagt 1122 MW (incl. Norther configuratie 1) tot 1334 MW (incl. Norther configuratie 3).

De aanwezigheid van de vier windparken samen op zee zal geen effect hebben op de culturele erfgoedwaarden op land en op zee.

5.3.6.3 Ontmantelingsfase

De cumulatieve effecten die tijdens de ontmantelingsfase kunnen optreden zijn van dezelfde aard als tijdens de constructiefase.

5.3.6.4 Bekabeling

Effect	Verwaarloosbaar	Cumulatief
Effect op zeezicht	Ja	-
Effect op cultureel erfgoed (scheepswrakken)	Ja	-

(S: cumulatief effect = som van de effecten; >S: cumulatief effect is groter dan som van de effecten; <S: cumulatief effect is kleiner dan som van de effecten)

Langsheen de tracés voor de exportkabels van de diverse windparken naar land zijn enkele wrakken gesitueerd. Wanneer het ontwijken van scheepswrakken telkens maximaal nagestreefd wordt door het uitvoeren van een voorafgaande side scan sonar survey (of een gelijkwaardig onderzoek) langsheen het traject, wordt het effect op het maritiem cultureel erfgoed tot een minimum beperkt. Het cumulatieve effect door het voorzien van de bekabeling van de vier windparken op het maritiem archeologisch erfgoed wordt bovendien verder gereduceerd door de kabeltracés van de verschillende projecten zoveel mogelijk te bundelen.

5.3.7 Mens

De cumulatieve effecten onder het hoofdstuk 'Mens' worden besproken per gebruiksfunctie. Er wordt enkel een onderscheid gemaakt tussen de constructie-, exploitatie- en ontmantelingsfase en de bekabeling indien dit relevant blijkt te zijn.

5.3.7.1 Visserij

In het hoofdstuk 'Mens' werd aangegeven dat het potentieel verlies van toegang tot de traditionele visgronden in het algemeen ervaren wordt als het belangrijkste negatieve effect van de ontwikkeling van windturbine projecten op zee. Naarmate meer windparken gerealiseerd worden, neemt het verlies aan visgronden evenredig toe. Indien we uitgaan van de ruwe schatting dat 85 % van het BDNZ kan bevestigd worden (Ecolas, 2003), zou dit neerkomen op een bijkomend verlies voor de traditionele visserij van ongeveer 5 % ten gevolge van de 4 windparken indien een veiligheidszone van 500 m rond de concessiegebieden in rekening wordt gebracht. Ten opzichte van het bevestigde gebied van de Noordzee (ca. 171.500 km² (Grontmij, 2006b)) gaat ongeveer 0,1 % verloren. Dekker et al. (2009) heeft echter berekend dat het afsluiten van windparken (en ook mariene beschermde gebieden) slechts een minimaal effect zullen

hebben op de hoeveelheid te vangen vis (schol, tong) en dus op de visserij. Daarnaast kan de afsluiting van een groot aaneengesloten gebied (windconcessie zone) er wel toe leiden dat de vaartijd van vissersschepen toeneemt. Een duidelijk verspreidingspatroon van de visgebieden en de paaigebieden van de vissen is niet beschikbaar voor de Belgische mariene gebieden. Zoals reeds aangehaald is er momenteel een BELSPO studie lopende (LEKOFISH) die op basis van lokale visserijkennis een inzicht tracht te krijgen in deze traditionele visserijgebieden. Gebaseerd op algemene gegevens van de beschikbare studies zijn zowel de Thorntonbank, de Bligh Bank als de Bank Zonder Naam van minder belang voor de Belgische visserij. Op basis van deze gegevens wordt het cumulatieve effect (beperkte omvang, permanent karakter) van verlies aan traditionele visserijgronden door de windparken als matig negatief ingeschat en dus als aanvaardbaar beoordeeld. Daarnaast kan genoteerd worden dat de Belgische visserijsector reeds onder zware druk staat door het Europese visserijbeheer (opgelegde TAC's en quota, beperkingen visserij-inspanning), en dat het beschreven cumulatief effect door de windparken hierbij gerelativeerd kan worden.

Naast het ruimtelijke verlies spelen de cumulatieve korte en langetermijneffecten tijdens de constructie en exploitatie fase op de vissen een rol voor de visserijsector. Mogelijke cumulatieve negatieve effecten worden veroorzaakt door het heien van de palen (monopile, jacket/multipode) en het ontstaan van elektromagnetische stralingen (kabels). Momenteel bestaat er nog veel onzekerheid rond de impact van deze effecten. Voorlopig wordt dit effect als significant negatief (heigeluid tijdens constructie) tot gering negatief (elektromagnetische straling) ingeschat, maar verder onderzoek is wenselijk. Mits gebruik van mitigerende maatregelen kunnen beide effecten als aanvaardbaar beoordeeld worden.

Daarnaast kan een afsluiting van het gebied voor (boomkor)visserij en scheepvaart een positief effect hebben op de vispopulaties. Ook de introductie van harde substraten kan resulteren in een toename van vis. Voor een inschatting van deze effecten wordt verder verwezen naar de paragraaf 'Fauna en flora'.

Tenslotte wordt er op gewezen dat er geen cumulatieve effecten te verwachten zijn van de aanleg van de kabeltracés naar de kust op de visserij. Zij liggen voldoende diep om beschadiging van de kabels door vissersschepen te voorkomen.

5.3.7.2 Maricultuur

In de Belgische mariene wateren zijn vier zones toegekend voor de productie van tweekleppige weekdieren, waaronder de afgebakend windconcesiezone. Momenteel zijn er geen initiatieven in uitvoering of in de nabije toekomst gepland, waardoor er geen cumulatief conflict bestaat. In de toekomst kan het afgebakend windconcessiegebied dus potentieel bieden voor maricultuur alternatieven of bijdragen tot een verhoogde visserij/maricultuur opbrengst door het afsluiten van het gebied voor bodemverstorende activiteiten (zoals boomkorvisserij).

5.3.7.3 Scheepvaart

Scheepvaart bestaat uit beroepsvaart en recreatievaart. Het cumulatieve effect van de windparken op de scheepvaartveiligheid in de scheepvaartroutes wordt behandeld in de paragraaf 'Veiligheid'.

De windparken liggen op relatief verre afstand van de kust (min. 20 km). Het effect van de sluiting van de concessiegebieden voor recreatievaart zal hierdoor zeer beperkt zijn.

5.3.7.4 Zand en grindontginning

De aangeduide concessiegebieden voor aggregaatextractie (KB 01/09/2004) vertonen geen overlap met de aangeduide zone voor de ontwikkeling van windenergie (KB 17/05/2004). Aangrenzend aan controlezone 1 (sector 1a) zijn de windparken van C-Power en Norther, maar er worden geen conflicten verwacht voor beide activiteiten. Daarenboven kruisen de kabeltracés van de verschillende windparken de zandwinningsgebieden niet. Er worden dan ook geen cumulatieve effecten verwacht ten gevolge van de bouw van de offshore windenergie initiatieven met de zand- en grindontginning.

5.3.7.5 Militaire activiteiten

Zowel de domeinconcessie van C-Power, Eldepasco als Belwind vertoont een overlap met de militaire zone voor schietoefeningen op drijvende doelen. Deze schietoefeningen vinden slechts zeer sporadisch plaats waardoor geen cumulatieve effecten verwacht worden in deze overlappende zones.

5.3.7.6 Kabels en pijpleidingen

In het BDNZ liggen diverse kabels en pijpleidingen. Kruisingen met bestaande kabels en pijpleidingen zijn dus onvermijdelijk bij het trekken van kabels vanaf de windparken naar de kust. Reeds eerder werd aangegeven dat de kruisingen zullen gebeuren in overeenstemming met de exploitant. Ook wordt bij het leggen van de kabeltracés rekening gehouden met de te hanteren veiligheidsperimeters rondom bestaande kabels en pijpleidingen.

Het aantal nieuw te leggen kabels en daarmee het aantal kruisingen hangt direct samen met het te transporteren vermogen. Technisch gezien moeten dus verschillende kabels getrokken worden vanuit de diverse windparken en is één grote kabel niet mogelijk. Wel kan er gestreefd worden om zoveel mogelijk aansluiting te zoeken met bestaande trajecten. Bundeling van kabels zal dus niet leiden tot een vermindering van het aantal kruisingen, maar zal wel het ruimtebeslag zoveel mogelijk beperken. Het ruimtebeslag (soms van de verschillende kabels) is zeer klein. Er kan bovendien aangenomen worden dat indien gekozen wordt voor een synergie tussen de verschillende parken, zoals het geval is voor Norther (meest oostelijk gelegen kabel), Eldepasco en Belwind naar kabeltracé (aanlanding Zeebrugge), het cumulatieve effect (technisch, milieu-impact...) ten gevolge van de tracés van de verschillende windparken en de reeds aanwezige kabels en pijpleidingen geminimaliseerd wordt. Dezelfde redenering is geldig voor de meest westelijk gelegen exportkabel van Norther die eenzelfde traject volgt als de concerto south1 kabel.

Gezien alle kabels aangelegd zullen worden conform de richtlijnen en in samenspraak met de exploitant, wordt er van uitgegaan dat deze geen andere effecten zullen hebben op bestaande kabels en pijpleidingen.

5.3.7.7 Biodiversiteit en natuurgebieden

Cumulatieve effecten van de 4 windparken op de beschermde natuurgebieden kunnen enkel ontstaan ten gevolge van de aan te leggen kabeltracés. De concessiegebieden zelf liggen immers te ver van deze natuurgebieden.

Reeds eerder werd aangehaald dat gestreefd moet worden naar bundeling van kabels daar deze het ruimtebeslag zoveel mogelijk beperken. Indien de kabellegging gebeurt volgens de bestaande richtlijnen dan wordt het cumulatieve effect als aanvaardbaar beschouwd.

5.3.8 Veiligheidsaspecten – Scheepvaart

Er wordt verwacht dat de belangrijkste cumulatieve effecten voor de discipline Veiligheidsaspecten zullen optreden voor de deelaspecten ‘Scheepvaart’ en ‘Radar en scheepscommunicatie’. Zodoende worden enkel deze aspecten verder besproken in het hoofdstuk ‘Cumulatieve effecten’.

5.3.8.1 Methodologie

Binnen het onderdeel ‘Veiligheidsaspecten – Scheepvaart’ wordt ingegaan op de potentiële effecten op de scheepvaart door de aanwezigheid van windparken en de hiermee verbonden milieuverontreiniging.

De potentiële effecten op de scheepvaart door de aanwezigheid van het North Sea Power windpark (in combinatie met de andere windenergie initiatieven) werden gekwantificeerd in de veiligheidsstudie MARIN (2011), zie Bijlage 5.3.2, op basis van het SAMSON-model (‘Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea’).

Bijlage 5.3.2: Veiligheidsstudie North Sea Power windpark (MARIN, 2011)

De volgende uitgangspunten, zijnde aannames, modelinput en parameters worden voor de berekeningen gehanteerd in de veiligheidsstudie MARIN (2011):

- Het routegebonden verkeer is gemodelleerd op scheepvaartroutes over de Noordzee;
- Voor het bepalen van het netwerk van links op de Belgische Noordzee, en de bijbehorende intensiteiten, is gebruik gemaakt van de AIS-data van het hele jaar 2008 verzameld door de Nederlandse Kustwacht;
- Bij het bepalen van de verkeersdatabase is rekening gehouden met het nieuwe verkeersscheidingsstelsel in het aanloopgebied van Rotterdam dat sinds 1 juli 2008 van kracht is, alsmede met de Nederlandse windparken Prinses Amalia en Offshore Windpark Egmond aan Zee voor de kust bij IJmuiden;
- Het niet-routegebonden verkeer (visserij, werkvaart en recreatievaart) is in SAMSON gemodelleerd door middel van dichtheden. De gemiddelde dichtheid in 8 bij 8 km gridcellen komt uit het VerkeersOnderzoek NOordzee Visuele Identificatie (VONNOVI). De supplyvaart is uit het niet-routegebonden verkeer gehaald en op extra links aan de routestructuur van de routegebonden schepen toegevoegd;
- Voor het samenstellen van de verkeersdatabase is de AIS-data van 2008 (ruim 700 GB aan data) gebruikt.

In de omgeving van het North Sea Power windpark zijn meerdere windparken gepland en voor een deel reeds in aanbouw. Er is uitgegaan van volgende twee cumulatieve scenario’s:

- Scenario 1: de aanwezigheid van de reeds vergunde (complete) windparken: Belwind, Eldepasco, C-Power en North Sea Power

- Scenario 2: de aanwezigheid van de zes (complete) windparken waarvoor reeds een domeinconcessie verkregen werd: Belwind, Eldepasco, C-Power, North Sea Power, RENTEL en SEASTAR

Beide cumulatieve scenario's worden doorgerekend voor twee configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark. Het betreft:

- Configuratie 1: 86 windturbines van 3,6 MW op een monopile fundering, inclusief 2 offshore high voltage stations (OHVS) en 2 windmeetmasten (WMM);
- Configuratie 2: 74 windturbines van 6,15 MW op een jacket fundering, inclusief 2 offshore high voltage stations en 2 windmeetmasten.

Een derde configuratie met 47 windturbines van 10 MW op een jacket fundering is niet beschouwd omdat deze configuratie een aanzienlijk lager risico zal opleveren dan configuratie 2. Het aantal turbines, dat het meest bepalend is voor het risico is, is met 47 veel kleiner dan bij configuratie 2. Er is wel een hoger risico per windturbine door de grotere afmeting, maar dit blijft beperkt. Een configuratie met 86 GE 4.1 MW turbines is ook niet doorgerekend, omdat de turbines in deze configuratie op dezelfde posities staan als de 3.6 MW turbines voor configuratie 1. Gezien het hogere vermogen zal deze configuratie altijd gunstiger zijn dan configuratie 1 (op basis van het typevoorbeeld Siemens 3,6 MW turbine), zeker als ook de afmetingen van de turbines hetzelfde (of kleiner) zijn.

In de scenario's en configuraties voor het North Sea Power windpark zijn de nabij gelegen geplande en in aanbouw zijnde windparken als volledig gerealiseerd beschouwd. De vier cumulatieve varianten die deel uitmaken van de risico studie worden als volgt samengevat:

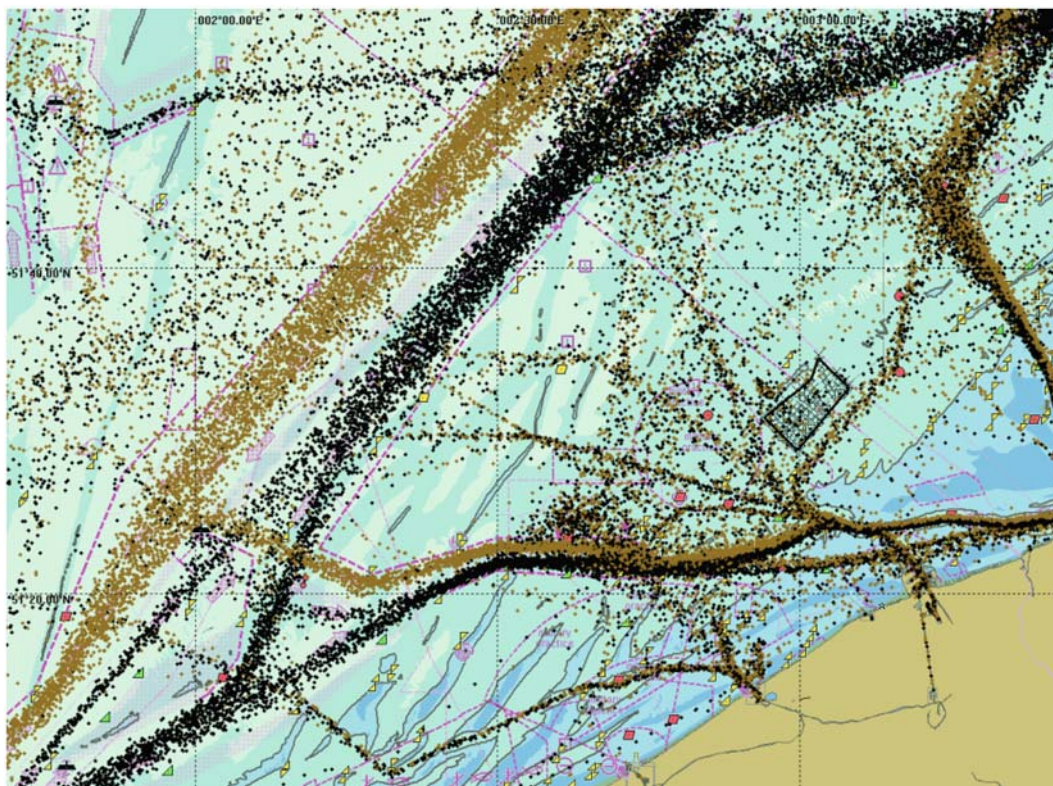
Tabel 5.3.6: Bestudeerde varianten van de risicostudie 'Veiligheid' (Marin, 2011)

Variant	Cumulatief scenario	North Sea Power configuratie
NSP_sc1_conf1	Scenario 1: 4 windparken	Configuratie 1
NSP_sc1_conf2	Scenario 1: 4 windparken	Configuratie 2
NSP_sc2_conf1	Scenario 2: 6 windparken	Configuratie 1
NSP_sc2_conf2	Scenario 2: 6 windparken	Configuratie 2

Voor de verspreidingseffecten van milieuverontreiniging afkomstig van mogelijke aanvaringen/aandrijvingen (scheepvaartverkeer) wordt – in overleg met het bestuur – voor voorliggend MER gebruik gemaakt van data die beschikbaar zijn uit eerdere verspreidingsstudies uitgevoerd in het kader van een MER voor C-Power (Ecolas NV, 2003) en Zeegra (Ecolas NV, 2006). De belangrijkste conclusies die getrokken kunnen worden op basis van deze studies worden hieronder besproken. Voor een gedetailleerde bespreking wordt verwezen naar het MER van Eldepasco (ARCADIS Belgium, 2008). Een actualisatie van deze cijfers is wenselijk en zal uitgevoerd worden tijdens de MEB procedure.

5.3.8.2 Referentiesituatie en autonome ontwikkeling

Om een beeld te krijgen van de huidige verkeersafwikkeling is een week AIS-data van juli 2008, dus na de ingebruikname van het nieuwe verkeersscheidingssysteem van Rotterdam, weergegeven in Figuur 5.3.1.



Figuur 5.3.1: Scheepvaartverkeer van 1 week in juli 2008. Schepen zijn geplot om de 10 minuten. Zwart puntje bij koers tussen 0° en 180°, bruin puntje bij koers van 180° tot 360°. De windturbines van het nog niet aanwezige North Sea Power windpark zijn ingetekend (MARIN, 2011)

Figuur 5.3.1 toont dat een aantal schepen door de locatie van het North Sea Power windpark doorvaren, maar dat wordt gecorrigeerd in de verkeersdatabase voor de situatie dat het windpark wordt gebouwd.

In Figuur 5.3.1 is te zien dat er naar het zuiden toe steeds minder schepen zijn waargenomen.

Het bereik van een AIS ontvangststation hangt af van de atmosferische omstandigheden, maar is in de meeste gevallen meer dan 30 zeemijl. Omdat alleen het uiterste puntje van het concessiegebied op iets meer dan 30 zeemijl van Westkapelle ligt, mag geconcludeerd worden dat het verkeer in het concessiegebied goed wordt verzameld door het AIS ontvangststation in Westkapelle. Bovendien zijn voor een andere studie de aankomsten van Zeebrugge vergeleken met de via AIS gevonden aankomsten in Zeebrugge. De overeenkomst was boven 96 % voor de schepen met AIS. Een klein percentage kon niet gekoppeld worden doordat de ingevulde gegevens niet met elkaar in overeenstemming waren (Marin, 2011).

Uit voorgaande studies (Ecolas NV, 2003; Le Roy *et al.*, 2006, DNV (2008)) blijkt dat de raming van scheepsongevallen in de Belgische territoriale wateren een zeer moeilijke berekening is. De getallen variëren van meerdere aanvaringen per jaar tot minder dan 0,0005/jaar afhankelijk van het beschouwde gebied, het scheepstype en het type accident (aanvaring/aandrijving; met een schip/platform) dat in overweging genomen wordt. Een inzicht in de werkelijke kans op een ongeval op het BDNZ is moeilijk in te

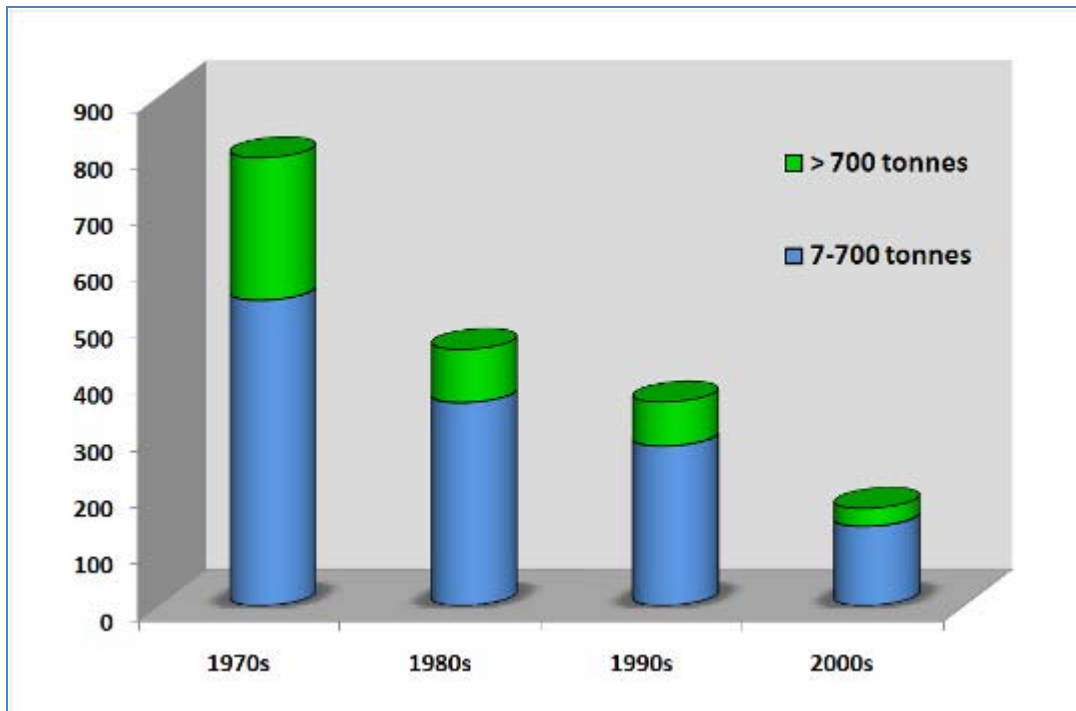
schatten. Verder blijken vooral RoRo (Roll on/Roll off) schepen, vrachtschepen en in minder mate ook containers, betrokken te zijn bij een aanvaring tussen 2 schepen (DNV, 2008).

Analoog hiermee, blijkt een grote variatie te bestaan voor de inschatting van het aantal accidenten die effectief aanleiding geven tot milieuverontreiniging. In de RAMA-studie (Le Roy *et al.*, 2006) wordt vermeld dat de kans op een accident met een lozing van gevaarlijke goederen (milieuverontreiniging) op eens om de 3 jaar ingeschat wordt. Dit aantal wordt eerder als een overschatting beschouwd omwille van allerlei redenen (o.a. karakteristieken van het model in combinatie met het zandbank-systeem). MARIN (2011) berekende die kans op eens om de 31 jaar. In Ecolas NV (2003) wordt vermeld dat BMM 3 incidenten met milieuvervuiling per 100 jaar, of eens om de ca. 30 jaar, als een aanvaardbaar risico beschouwd.

Een toetsing van deze inschattingen aan de werkelijkheid toont aan dat er gedurende de laatste 40 jaar een 30-tal incidenten geweest zijn met olie, die een potentieel gevaar opleverden voor de Belgische Kust. De gelekte volumes variëren echter tussen de 10.000 ton (Olympic Alliance, Dover Street, 1975, Iranian light crude) en minder dan 10 ton (bv. Noordpas incident, EEZ, 2001, olie niet verder gespecificeerd). De helft van de vervuiling werd veroorzaakt door stookolie, benzine, 'crudes', terwijl de andere helft niet geïdentificeerd werd. Dit resulteerde dus in gemiddelde gelekte hoeveelheden van ongeveer 1.500 ton voor het totale gebied en 500 ton voor het BDNZ. Deze grote hoeveelheid is hoofdzakelijk te wijten aan het accident met de British Trent (1993) waarbij ongeveer 5.000 ton in zee terecht kwam. Een analyse exclusief dit accident geeft voor het BDNZ een gemiddelde gelekte hoeveelheid van ongeveer 50 ton.

Historische gegevens van tankers op wereldschaal (periode 1970-2009) tonen bovendien een duidelijk afnemende trend in het aantal grote (> 700 ton) olieverontreinigingen, met een gemiddeld aantal van 3 grote verontreinigingen per jaar voor de periode 2000-2009 (ITOPF, 2010) (Figuur 5.3.2). Dit is slechts 12 % van het gemiddeld aantal grote verontreinigingen geobserveerd in de jaren 70 (25 per jaar). Het is dus bemoedigend om vast te stellen dat ondanks het toenemend scheepvaartverkeer (inclusief olietankers) er een dalende trend in olieverontreiniging vast te stellen is.

Figuur 5.3.2: Aantal olieverontreinigingen groter dan 700 ton (ITOPF, 2010)



Uit een overzicht van de oorzaak van verontreiniging met olietankers voor de periode 1970 – 2009 (ITOPF, 2010) (Figuur 5.3.3), blijkt dat het aandeel van accidenten kleiner is dan de verontreiniging afkomstig van operationele activiteiten. Het is echter wel zo, dat deze operationele verontreiniging in 90 % van de gevallen < 7 ton. In dit opzicht dragen accidenten relatief meer bij tot potentiële milieuschade voor het ecosysteem. Hierbij zijn de belangrijkste oorzaken aanvaringen en aan de grond lopen, beiden goed voor ca. 32 % van het aantal accidenten. Uit deze gegevens (ITOPF, 2010) blijkt ook eveneens dat deze oorzaken meestal resulteerden in vervuiling op grote schaal (>7 ton), terwijl scheuren in de romp (15 % van accidenten) grotendeels tot vervuiling op kleine schaal (< 7 ton) leiden (Figuur 5.3.3).

Figuur 5.3.3: Mogelijke oorzaken of verontreiniging door tankers (1970-2009) (ITOPF, 2010)

	< 7 ton	7-700 ton	> 700 ton	Totaal
Operationeel				
Laden/uitladen	3.155	383	36	3.574
Bunkering	560	32	-	592
Andere	1.221	62	5	1.288
Accidenten				
Aanvaringen	176	334	129	639
Aan de grond lopen	236	265	161	662
Scheuren in de romp	205	57	55	317
Materiaal problemen	206	39	4	249
Brand, explosie	87	33	32	152
Andere/ongekende	1.983	44	22	2.049
Totaal	7.829	1.249	444	9.522

Uit Figuur 5.3.3 blijkt dat de belangrijkste bron van olievervuiling afkomstig is van operationele lozingen. Wegens de aanduiding van de Noordzee als speciale zone onder MARPOL, en de strengere regelgeving wordt wel een daling vastgesteld in opgemerkte lozingen. Terwijl in de jaren 90 jaarlijks ongeveer 50 olielozingen werden opgemerkt, worden er sinds 2000 jaarlijks nog slechts een dertigtal lozingen opgemerkt in de Belgische mariene wateren. Ook het totale volume van de lozingen loopt terug, waarbij de maximale olievlekken tussen de 10-100 m³ bedragen (www.mumm.ac.be – Luchttoezicht). Deze vorm van olievervuiling staat echter los van de windparken, en zal niet verder in detail behandeld worden.

5.3.8.3 Effecten

De effecten voor en door de scheepvaart kunnen opgesplitst worden in:

- Directe effecten voor het scheepvaartverkeer: de kans op een aanvaring/aandrijving van een windturbine per jaar;
- Gevolgschade:
 - Schade aan het windpark ten gevolge van aanvaringen/aandrijvingen
 - Verontreiniging en de gevolgen van een scheepsramp (inclusief de milieueffecten in termen van uitstroom van bunkerolie en ladingsolie als gevolg van een aanvaring met een turbine)
 - Persoonlijk letsel

5.3.8.3.1 Constructiefase

Gedurende de bouwperiode varen dagelijks enkele schepen (maximaal vijf) van en naar het windpark. De meeste van deze vaarbewegingen worden uitgevoerd met normale snelheid en geven daardoor niet meer hinder voor de andere scheepvaart dan een normale scheepsbeweging. Het effect van deze scheepvaart op het totale risico in een gebied hangt af van de drukte in het gebied. Deze vaarbewegingen moeten gezien worden als normale bedrijvigheid. Het verhoogde risico is van tijdelijke aard.

Vermoedelijk zal Oostende of Zeebrugge de uitvalsbasis voor het North Sea Power windpark worden. Van hieruit naar het North Sea Power windpark is het ongeveer 1,5 uur varen. Met vijf schepen zijn dit 5 x 1,5 uur x 2 (heen + terug) = 15 extra vaaruren per dag. Tijdens de bouwperiode zijn dus gemiddeld $15/24 = 0,63$ extra schepen aanwezig (buiten het park). Op een totaal van 55 gemiddeld aanwezige schepen op de Belgische Noordzee is dit een verhoging van 1,1 %. Indien een andere uitvalsbasis gekozen wordt (bv. Vlissingen) dan zal deze impact vergelijkbaar zijn. Het aantal van 55 schepen is opgebouwd uit 29 routegebonden schepen, bepaald uit de verkeersdatabase, en 26 niet-routegebonden schepen, uitgaande van dezelfde verhouding tussen routegebonden en niet-routegebonden schepen als in het Nederlandse deel van de Noordzee. Gedurende de bouwperiode is de kans op een aanvaring tussen schepen door de verhoogde verkeersintensiteit daarom 2,3 % hoger³⁸ dan normaal. In de praktijk zal dit minder zijn omdat de schepen de meeste tijd in relatief stille gebieden varen. De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 1,1 %.

³⁸ Het aantal aanvaringen tussen schepen neemt kwadratisch met de intensiteit toe



Figuur 5.3.5: Verkeerssituatie bij scenario 1 bij aanwezigheid van (van noordwest naar zuidoost) Belwind, Eldepasco, C-Power en North Sea Power, inclusief 1 nm rond de windparken (MARIN, 2011)



Figuur 5.3.6: Verkeerssituatie bij scenario 2 bij aanwezigheid van (van noordwest naar zuidoost) Belwind, SEASTAR, Eldepasco, RENTEL, C-Power en North Sea Power, inclusief 1 nm rond de windparken (MARIN, 2011)

Vergeleken met de huidige situatie waarin windparken Belwind, Eldepasco en C-Power worden verondersteld aanwezig te zijn (Figuur 5.3.4), zorgt de aanwezigheid van windpark North Sea Power niet voor veranderingen van verkeersstromen rond de windparken. De kleine verschillen in verkeersstromen tussen scenario 1 en 2 worden veroorzaakt door de windparken RENTEL en SEASTAR en kunnen dus niet worden toegerekend aan het North Sea Power windpark. Effecten van de veranderde vaarroutes op de veiligheid, de economische kosten en de extra CO₂ uitstoot door omvaren, zullen hier daarom niet beschouwd worden.

Tenslotte kan vermeld worden dat het ontmoetingspunt voor kruisende en in en uitvoegend verkeer, gelegen is op een afstand van drie mijl ten zuiden van de zuidpunt van het North Sea Power windpark. De schepen die elkaar daar ontmoeten hebben elkaar ruim van te voren goed in zicht. De extra kans op een aanvaring tussen twee kruisende schepen door de aanwezigheid van het North Sea Power windpark is daarom verwaarloosbaar klein.

Rammen en driften

Door de aanwezigheid van het windpark is een nieuw type risico ontstaan op die locatie op zee, namelijk de kans dat een schip tegen één van de windturbines aanvaart (rammen) of aandrijft (driften).

De frequenties voor aanvaringen tegen één van de windturbines zijn bepaald met het SAMSON-model. Voor deze berekeningen is de verkeersdatabase gebruikt waarbij de windparklocatie is vrijgemaakt van verkeer (zie Figuur 5.3.5 en Figuur 5.3.6). De resultaten van deze berekening worden gegeven in termen van het aantal mogelijke aanvaringen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk en voor het gehele North Sea Power windpark in vergelijking met de andere parken. Bij het bepalen van de frequenties is rekening gehouden met de extra aandrijfkans (door routegebonden schepen) als gevolg van de verhoogde storingskans nabij de aanloop van een haven (drifters). Door de ligging van het North Sea Power windpark is het effect hiervan relatief klein. Het totaal aantal aandrijvingen per jaar door routegebonden schepen neemt door de extra storingskans nabij de aanloop van een haven slechts met 0,5 % toe.

Uit de tabellen en figuren voor de 4 varianten (zie Bijlage 5.3.2) blijkt dat de windturbines en de meetmast aan de zuidoostelijke rand van het park een relatief hoge aanvaarkans hebben vergeleken met de overige turbines. Deze turbines liggen het dichtst bij de route van en naar Maas West die langs het park loopt. Verder hebben de hoogspanningsstations door de grotere afmetingen een hogere aanvaarkans. Dit verschil is minder groot bij gebruik van jacket funderingen. De turbines aan de noordwestelijke rand van het park (tegen het C-Power windpark aan) hebben de laagste aanvaarkans.

Het verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar ten gevolge van het North Sea Power windpark voor de beschouwde cumulatieve varianten is weergegeven in Tabel 5.3.7. Hierbij dient vermeld te worden dat initieel een grotere zone werd beoogd voor het North Sea Power project. Uiteindelijk is, op aansturen van de autoriteiten inzake havens en scheepvaartveiligheid, een 'driehoek' aan de zuidzijde van het park 'afgesneden' van de zone net omwille van de Westpit scheepvaartroute en de veiligheid van schepen. In de uiteindelijk toegekende concessie werd die 'driehoek' dus niet weerhouden. Er wordt verondersteld dat er voldoende marge werd ingebouwd bij het bepalen van de zone die moest wegvallen.

Tabel 5.3.7: Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor het North Sea Power windpark binnen de beschouwde varianten (inclusief hoogspanningsstations en meetmasten) (MARIN, 2011)

Variant	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar	Eens in de... jaar
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
NSP_sc1_conf1	949234	86	0,02924	0,00733	0,03963	0,00463	0,08084	12
NSP_sc1_conf2	1395337	74	0,03523	0,01604	0,03563	0,00537	0,09228	11
NSP_sc2_conf1	949234	86	0,03069	0,00729	0,04034	0,00463	0,08295	12
NSP_sc2_conf2	1395337	74	0,03700	0,01593	0,03628	0,00537	0,09458	11

Uit Tabel 5.3.7 blijkt dat het scenario weinig invloed heeft op het verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar. Bij gelijke configuratie en verschillend scenario zijn er slechts kleine verschillen tussen de cumulatieve varianten, en deze worden veroorzaakt door een kleine stroom routegebonden verkeer van en naar Maas West, die niet meer tussen Eldepasco en C-Power door varen, maar in plaats daarvan ten zuiden van het North Sea Power windpark langs varen. De verschillen bij gelijk scenario en verschillende configuratie zijn groter, met name eens in de 12 (conf1) en eens in de 11 jaar (conf2). Dit wordt met name veroorzaakt door verschillen in ram-aanvaringen, en heeft te maken met het al dan niet gebruiken van jacket funderingen.

In Tabel 5.3.8 wordt deze aanvaar/aandrijfkans gegeven per verwachte energieopbrengst in MWh voor iedere cumulatieve variant. Deze getallen moeten dus geminimaliseerd worden om het risico per energieopbrengst te minimaliseren. Bij het berekenen van de verwachte energieopbrengst is uitgegaan van een rendement van 35 % van het turbinevermogen. Deze tabel laat zien dat ondanks het gebruik van jacket funderingen (conf2), de varianten met ca. 6 MW turbines per geleverde eenheid energie toch een lagere aanvaringskans hebben. Het aantal turbines is meer bepalend voor het risico dan de afmeting van de palen. Om deze reden is het zeker nog voordeliger om 10 MW turbines te gebruiken.

Tabel 5.3.8: Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per MWh voor de beschouwde varianten (inclusief hoogspanningsstations en meetmasten) (MARIN, 2011)

Variant	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per MWh		Aantal aandrijvingen (driften) per MWh		Totaal per MWh
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
NSP_sc1_conf1	949234	86	3,08E-08	7,73E-09	4,17E-08	4,88E-09	8,52E-08
NSP_sc1_conf2	1395337	74	2,52E-08	1,15E-08	2,55E-08	3,85E-09	6,61E-08
NSP_sc2_conf1	949234	86	3,23E-08	7,68E-09	4,25E-08	4,87E-09	8,74E-08
NSP_sc2_conf2	1395337	74	2,65E-08	1,14E-08	2,60E-08	3,85E-09	6,78E-08

Tabel 5.3.9 toont de aanvarings- en aandrijfkansen voor achtereenvolgens scenario 1 en 2 voor alle windparken en configuraties die voor het scenario berekend zijn. Hieruit blijkt dat de kans op aanvaring door routegebonden schepen voor het North Sea Power windpark (eens in de 12 (conf1) en 11 (conf2) jaar)

relatief hoog is vergeleken met de andere parken uit de scenario's (gemiddeld eens om de 25 jaar of meer), met uitzondering van het Belwind windpark die vergelijkbare aanvaringskansen vertoont als het North Sea Power windpark. De totale aanvarings- en aandrijfkans tengevolge van alle parken samen binnen de beschouwde cumulatieve variant wordt geschat als eens om de 4 à 5 jaar.

Tabel 5.3.9: Verwachte relatieve aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de beschouwde varianten (inclusief hoogspanningsstation en meetmasten) per windpark (MARIN, 2011)

		Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar	Eens in de
		R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
Alle windparken en configuraties onder scenario 1	North Sea Power configuratie 1	0,02924	0,00733	0,03963	0,00463	0,08084	12
	North Sea Power configuratie 2	0,03523	0,01604	0,03563	0,00537	0,09228	11
	Belwind	0,00719	0,01162	0,04873	0,00517	0,07272	14
	Eldepasco	0,00218	0,01033	0,02463	0,00386	0,04100	24
	C-Power	0,00520	0,00409	0,02029	0,00289	0,03248	31
	Totaal (incl. NSP_conf1)	0,04382	0,03338	0,13328	0,01656	0,22704	4
	Totaal (incl. NSP_conf2)	0,04980	0,04209	0,12928	0,01731	0,238849	4
Alle windparken en configuraties onder scenario 2	North Sea Power configuratie 1	0,03069	0,00729	0,04034	0,00463	0,08295	12
	North Sea Power configuratie 2	0,03700	0,01593	0,03628	0,00537	0,09458	11
	Belwind	0,00596	0,00878	0,04880	0,00512	0,06866	15
	Eldepasco	0,00024	0,00360	0,02386	0,00327	0,03097	32
	C-Power	0,00424	0,00279	0,01997	0,00263	0,02963	34
	RENTEL	0,00007	0,00096	0,01580	0,00230	0,01913	51
	SEASTAR	0,00077	0,00242	0,01443	0,00186	0,01947	52
	Totaal (incl. NSP_conf1)	0,04213	0,02880	0,16420	0,02065	0,25577	4
	Totaal (incl. NSP_conf2)	0,04822	0,03723	0,16011	0,02138	0,26694	4

Tabel 5.3.10 laat de aanvaar- en aandrijfkansen zien in verhouding tot de totale aanvaar- en aandrijfkans voor de windparken in het scenario. De totale aanvaar- en aandrijfkans van het North Sea Power windpark

varieert van 32,4 % tot 38,7 % van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windparken in de scenario's, met de grootste aanvaarkans voor de windturbines aan de zuidoostelijke rand van het North Sea Power windpark (dichtst bij de route van en naar Maas West). Op zich een significant negatief effect, maar gezien er recent een aanpassing is gebeurd van de wettelijke windconcessiezone (KB 17/05/2004, gewijzigd bij 03/02/2011) in samenspraak met Scheepvaartbegeleiding en andere bevoegde instanties net omwille van de Westpit scheepvaartroute en de veiligheid van schepen, mag verondersteld worden dat er voldoende marge werd ingebouwd en worden huidige resultaten als een berekend 'aanvaardbaar' risico beschouwd.

Tabel 5.3.10: Verwachte relatieve aantal aanvaringen/aandrijvingen voor de beschouwde varianten (inclusief hoogspanningsstation en meetmasten) vergeleken met de overige windparken in het scenario (MARIN, 2011)

Variant North Sea Power	Relatief aantal aanvaringen (rammen) t.o.v. geheel scenario		Relatief aantal aandrijvingen (driften) t.o.v. geheel scenario		Totaal
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
NSP_sc1_conf1	66,7 %	22,0 %	29,7 %	28,0 %	35,6 %
NSP_sc1_conf2	70,7 %	38,1 %	27,6 %	31,0 %	38,7 %
NSP_sc2_conf1	72,8 %	25,3 %	24,6 %	22,4 %	32,4 %
NSP_sc2_conf2	76,7 %	42,8 %	22,7 %	25,1 %	35,4 %

Onderhoud en reparaties

Elk jaar zal er een beperkt aantal scheepsbewegingen nodig zijn voor onderhoud en reparaties. Ook is voorzien dat de weersomstandigheden tijdens deze onderhouds- en reparatiewerken voldoende goed moeten zijn om een veilige benadering en uitvoering van de werken te verzekeren. Tijdens de exploitatiefase wordt geen aanzienlijke verhoging van de risico's verwacht door dit scheepsverkeer in verhouding tot de huidige situatie, aangezien de frequentie uiterst beperkt zal zijn in vergelijking met het totale scheepvaartverkeer op het BDNZ.

5.3.8.3.2.2 Gevolgschade

Schip en windturbines

Naast de raming van de kans op een aanvaring of contact tussen een vaartuig en een windturbine/OHVS, moet de gevolgschade van een dergelijk effect ingeschat worden. Deze berekening is afhankelijk van een aantal factoren. De belangrijkste zijn:

- de afmeting en het soort vaartuig;
- de snelheid van het vaartuig bij de botsing;
- de manier waarop het vaartuig het obstakel raakt;
- het feit of het obstakel een monopile of multipode is, of dat het om het OHVS gaat.

Algemeen geldt dat hoe groter het schip, hoe kleiner de impact van het obstakel op het schip zal zijn, maar hoe groter de impact op het obstakel. Daarnaast zal ook de schade aan het schip en het obstakel vergroten met de snelheid. Uit de MER C-Power (Ecolas NV, 2003) blijkt dat op basis van inschattingen door experts

een schip op drift van 10.000 GT (= 3/4 van de schepen) een windturbine volledig zou overvaren, zodat de windturbine om zou vallen op de zeebodem of het OHVS ernstig zou beschadigen.

Het is duidelijk dat de specifieke kenmerken van het type, en dus de vorm en de bouw van het schip invloed zullen hebben op de effecten van een incident. Er zal verschil zijn in de effecten van het doordringen van de romp van een bulkvrachtschip, een enkelwandige olietanker of een algemeen vracht- of containerschip. De locatie en het volume van bunkertanks zijn ook afhankelijk van het type vaartuig.

Voor de gevolgschade aan het schip worden drie types onderscheiden: schade aan het schip in het geval dat de gondel en mastdeel op het schip valt na de aanvaring, alleen schade aan de scheepshuid en geen schade. De kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen in elke variant is weergegeven in het rapport van MARIN (2011) (Bijlage 5.3.2). De soorten schade veroorzaakt door het totaal van de verschillende scheepstypen is voor elke variant weergegeven in Tabel 5.3.11. De onderlinge vergelijking vindt hierna plaats in het luik 'verontreiniging en de gevolgen van een scheepsramp', bij de behandeling van de bunker en olie uitstroom.

Tabel 5.3.11: Kans (aantal per jaar) op een bepaalde soort schade veroorzaakt door de verschillende scheepstypen in elke variant (MARIN, 2011)

Variant	Soort schade			Totaal
	GosMos ³⁹	Schade aan scheepshuid	Geen schade	
NSP_sc1_conf1	0,002903	0,039003	0,038931	0,080837
NSP_sc1_conf2	0,003493	0,034954	0,053844	0,092291
NSP_sc2_conf1	0,003047	0,039718	0,040186	0,082951
NSP_sc2_conf2	0,003670	0,035596	0,055316	0,094582

Voor de gevolgschade aan de windturbines worden vier types onderscheiden: geen schade, de turbine kan scheef gaan staan, de turbine kan omvallen, de gondel en mast kunnen op het schip vallen. De frequentie van deze verschillende types voor het gehele windpark is gegeven in Tabel 5.3.12. Uitgaande van deze resultaten wordt afhankelijk van het scenario, eens om de 11 à 12 jaar schade verwacht aan het North Sea Power windpark (aanvaardbaar effect).

Tabel 5.3.12: Schade aan het totale North Sea Power windpark binnen de beschouwde variant (MARIN, 2011)

Schade aan turbine	NSP_sc1_conf1		NSP_sc1_conf2		NSP_sc2_conf1		NSP_sc2_conf2	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
Geen	0,013090	76	0,022389	45	0,013043	77	0,022275	45
Scheef	0,012281	81	0,011571	86	0,012280	81	0,011570	86
Omvallen	0,052565	19	0,054839	18	0,054581	18	0,057069	18
GosMos	0,002903	344	0,003493	286	0,003047	328	0,003670	272
Totaal	0,080839	12	0,092292	11	0,082951	12	0,094584	11

³⁹ Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming

Op basis van de gemiddelde massa van een bepaald scheepstype en scheepsgrootte en de gemiddelde snelheid kan de kinetische energie bepaald worden op het moment van de 'impact'. De verdeling van de aanvaar/aandrijffrequenties op basis van de kinetische energie, voor de verschillende varianten, is gegeven in Tabel 5.3.13.

Tabel 5.3.13: Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over alle energieklassen voor alle windturbines (MARIN, 2011)

Variant	Rammen		Driften	
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen
NSP_sc1_conf1	36,2 %	9,1 %	49,0 %	5,7 %
NSP_sc1_conf2	38,2 %	17,4 %	38,6 %	5,8 %
NSP_sc2_conf1	37,0 %	8,8 %	48,6 %	5,6 %
NSP_sc2_conf2	39,1 %	16,8 %	38,4 %	5,7 %

Bijvoorbeeld voor scenario 1 configuratie 1 geeft Tabel 5.3.13 aan dat ongeveer 45 % van de contacten met turbines door rammen wordt veroorzaakt en 56 % door driften. Verder blijkt dat het in zijn totaliteit voor ongeveer 85 % routegebonden schepen betreft.

Verontreiniging en de gevolgen van een scheepsramp

Lading- en bunkerolie

Aangezien het projectgebied in de Noordzee ligt, valt dit onder de regelingen die van toepassing zijn op de MARPOL 'speciale zones', Bijlage I. Het lozen van oliehoudende vloeistoffen is daarbij verboden. De interne regelingen en controle worden verondersteld afdoende te zijn opdat geen lozingen zouden plaatsvinden. In de praktijk echter blijven illegale verontreinigingen een groot aandeel houden in de olievervuiling in de Noordzee (zie bijvoorbeeld OSPAR, 2000a).

Olievervuiling kan op verschillende manieren optreden: enerzijds door een incident met een windturbine of OHVS met als resultaat het lekken van olie of olieachtige smeermiddelen en anderzijds door een onvoorzien verlies van olieachtige substanties van een schip (door aanvaring/aandrijving) ten gevolge van schepen die betrokken zijn bij de werkzaamheden rond het project (bouwphase, bekabeling, onderhoudswerken, ontmanteling) of ten gevolge van een ongeval met schepen die geen verband houden met het project.

De schade aan het milieu als gevolg van een aanvaring/aandrijving met een windturbine wordt bepaald door de hoeveelheid olie die uit een schip stroomt. Er worden twee hoofdtypes olie onderscheiden: bunkerolie en ladingolie.

De totale kans op een uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving en rammen met een windturbine van het North Sea Power windpark en de gemiddelde hoeveelheid uitstroom per jaar is per variant gegeven in Tabel 5.3.14. Op basis van de frequenties is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie bepaald, bijvoorbeeld $1/(0,002155+0,000426) \approx 387$ jaar voor variant NSP_sc1_conf1.

De gemiddelde uitstroom van 2,42 m³ ladingolie voor deze variant in Tabel 5.3.14 dient alleen als vergelijking. Een gemiddelde van 2,42 m³ ieder jaar geeft immers een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van 242 m³ eens in de 100 jaar.

Om een idee te krijgen van wat dit betekent is de uitstroom aan olie ten gevolge van een ongeval (alle verschillende typen) voor de gehele Belgische Noordzee toegevoegd. Dit getal geldt voor de situatie zonder windparken. Indien geen windparken in de BDNZ aanwezig zijn, wordt de totale uitstroomkans op eens om de 31 jaar geschat. Hierbij zou voor een gemiddelde aan 6,1 m³ bunkerolie en 164,2 m³ ladingolie uitstromen. De uitstroomfrequentie van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een turbine van het North Sea Power windpark in variant NSP_sc2_conf1 is $(0,002191 + 0,000458) / (0,023553 + 0,008280) \approx 8,3 \%$ van de uitstroomfrequentie op de Belgische Noordzee zonder windparken. Voor de overige varianten is dit lager.

Tabel 5.3.14: Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie voor het North Sea Power windpark binnen de 4 varianten (MARIN, 2011)

Variant	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
NSP_sc1_conf1	0,002155	464	1,41	0,000426	2349	2,42	387
NSP_sc1_conf2	0,001927	519	1,23	0,000376	2660	2,12	434
NSP_sc2_conf1	0,002191	457	1,42	0,000458	2185	2,53	378
NSP_sc2_conf2	0,001959	511	1,24	0,000404	2474	2,21	423
Belgische Noordzee	0,023553	42	6,10	0,008280	121	164,20	31

Om het aandeel van het North Sea Power windpark in de uitstroom van lading- en bunkerolie te kennen, werden de waarden uit Tabel 5.3.14 uitgedrukt als percentage van het totaal voor de windparken per scenario (Tabel 5.3.15). In scenario 2 ligt het aandeel lager, door de aanwezigheid van RENTEL en SEASTAR. Het aandeel in de uitstroom van bunkerolie varieert van 23,2 % (NSP_sc2_conf2) tot 31,0 % (NSP_sc1_conf1) (Tabel 5.3.15). Het aandeel in de uitstroom van ladingolie varieert van 12,6 % (NSP_sc2_conf2) tot 16,9 % (NSP_sc1_conf1).

Tabel 5.3.15: Uitstroom van bunkerolie en ladingolie van het North Sea Power windpark als percentage van de totale uitstroom die als gevolg van de veronderstelde windparken in de scenario's plaatsvindt (MARIN, 2011)

Variant	Bunkerolie		Ladingolie	
	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
NSP_sc1_conf1	30,2 %	31,0 %	18,6 %	16,9 %
NSP_sc1_conf2	27,9 %	28,2 %	16,8 %	15,1 %
NSP_sc2_conf1	24,9 %	25,7 %	16,2 %	14,2 %
NSP_sc2_conf2	22,9 %	23,2 %	14,6 %	12,6 %

Uitgaande hiervan wordt in Tabel 5.3.16 een overzicht gegeven van de totale uitstroom voor de beschouwde cumulatieve scenario's en het aandeel van het North Sea Power windpark hierin. Het aandeel in de

uitstroom ten gevolge van het North Sea Power windpark varieert tussen de 15 % (NSP_sc2_conf2) en 20 % (NSP_sc1_conf1).

Tabel 5.3.16: Aandeel North Sea Power windpark in totale uitstroom van bunkerolie en ladingolie voor de beschouwde cumulatieve variant (Marin, 2011)

Variant	Uitstroom per jaar in m³ North Sea Power windpark			Uitstroom per jaar in m³ cumulatieve scenario	Aandeel uitstroom North Sea Power in totale uitstroom cumulatieve scenario
	Bunkerolie	Ladingolie	Totaal	Totaal	
NSP_sc1_conf1	1,40	2,42	3,82	18,84	20,3 %
NSP_sc1_conf2	1,23	2,12	3,35	18,36	18,2 %
NSP_sc2_conf1	1,42	2,53	3,95	23,37	16,9 %
NSP_sc2_conf2	1,24	2,21	3,46	22,87	15,1 %

Een uitdrukking van de uitstroomfrequenties per MWh, geeft hetzelfde beeld als voor het aanvaar/aandrijfrisico (zie Tabel 5.3.8): per MWh is de milieuschade bij 6,15 MW turbines (configuratie 2) kleiner dan bij 3,6 MW (configuratie 1), ondanks het gebruik van de jacket fundering in configuratie 2.

De cijfers betreffende de uitstroomkans en de uitstroom van olie per jaar zijn indicatief en de gevolgen ervan zijn niet gekend: er kan immers niet voorspeld worden welke ongevallen zullen gebeuren en wat de ernst ervan is. Het is dus mogelijk dat er geen schade aan het milieu zal zijn, maar in een worst case scenario kan die schade aanzienlijk oplopen. Een versterkte waakzaamheid en bijkomende compenserende maatregelen zijn aangewezen (zie 4.5. Mitigerende maatregelen).

Chemicaliën

Naast de uitstroom van olie veroorzaakt ook de uitstroom van chemicaliën schade aan het milieu. Niet alle soorten chemicaliën zijn even schadelijk voor het milieu, de mate waarin een bepaalde stof schadelijk is wordt aangeduid met ecologisch risico. In Tabel 5.3.17 worden de frequenties gegeven van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine voor verschillend ecologisch risico voor variant NSP_sc2_conf1. Voor de andere varianten liggen deze frequenties lager. Een vergelijking van de frequenties van uitstroom van chemicaliën, als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine, voor verschillend ecologisch risico voor de verschillende varianten, geeft hetzelfde beeld als de uitstroom van olie.

Tabel 5.3.17: Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine (Scheepvaartverkeer 2008) (MARIN, 2011)

Ecologische risico-indicator	Frequentie	Eens in de ... jaar
Zeer hoog ecologisch risico	0,000102	9.803
Hoog ecologisch risico	0,000015	66.666
Gemiddeld ecologisch risico	0,000017	58.823

Gering ecologisch risico	0,000183	5.464
Verwaarloosbaar ecologisch risico	0,000052	19.230
Totaal	0,000369	2.713

Verspreiding en impactevaluatie

Eenmaal een accidentele lozing heeft plaatsgevonden, zal deze zich verspreiden en een mogelijke bedreiging vormen voor het mariene ecosysteem en de kustgebieden. Met het oog op de impact van olievervuiling moet men rekening houden met de weersomstandigheden tijdens de vervuiling, de soort olie, de gelekte hoeveelheid en de plaats waar het lek plaatsvond. Deze kenmerken zullen bepalend zijn voor de omvang van de olievlek, de stroombaan en hoe snel deze uiteen zal vallen, emulgeren, verdampen, verspreiden en zinken.

Voor de verspreidingseffecten van milieuverontreiniging afkomstig van mogelijke aanvaringen/aandrijvingen (scheepvaartverkeer) wordt –in overleg met de bevoegde instanties- voor voorliggend MER gebruik gemaakt van data die beschikbaar zijn uit eerdere verspreidingsstudies. De belangrijkste conclusies die getrokken kunnen worden op basis van deze studies worden hieronder besproken. Zoals eerder werd aangegeven, is een actualisatie van deze cijfers wenselijk en zal deze uitgevoerd worden tijdens de MEB procedure (in opdracht van BMM; conf. mail 03/08/2010).

In het kader van het C-Power project op de Thorntonbank werd een modelstudie uitgevoerd door WL Delft Hydraulics (Kleissen, 2003; Boot, 2003) om de effecten van een accidentele olielozing van 1000 ton HFO (heavy fuel oil) onder verschillende omstandigheden te kunnen schatten. De keuze van 1000 ton is gemaakt op basis van het huidige maximale volume dat nog binnen de capaciteit van de bestrijdingsmogelijkheden ligt voor België.

Hieruit bleek dat bij een windsnelheid van 17 m/s en een windrichting die recht naar de kust blaast (worst case scenario; in ca. 1,2 tot 2,6 % van de observaties) een deel van de olie de Belgische kust bereikt. Bij lagere windsnelheden bereikt de olievlek de Belgische kust niet maar spreidt zich uit in noordoostelijke richting. Mogelijk zal de olievlek dan de Nederlandse kust bereiken. Bijgevolg kunnen zich dan ook effecten voordoen op de avifauna in de Voordelta, al is de kans gering.

Op basis van extrapolaties van deze modelstudie (Kleissen, 2003; Boot, 2003) blijkt dat de eerste oliedeeltjes afkomstig bij een aanvaring met het North Sea Power windpark (op ca. 20 km afstand van de kust) na ongeveer 11 uur (bij 3 % wind frictie) op de Belgische kust aanspoelen. Dit tijdstip van aanspoelen is voornamelijk windgedreven. Bij eenzelfde lozing onder springtijcondities zal een grotere lengte van het strand besmeurd worden met olie. Bij een hogere windfrictie (5 % wind frictie) zullen de eerste oliedeeltjes aanspoelen na ongeveer 7 uur.

Er is dus een relatief korte tijd om tussenbeide te komen in het geval van een olielozing. Hierbij dient wel opnieuw de nadruk gelegd te worden op het feit dat het hier gaat om scenario's met een windsnelheid van 17 m/s of 7 Beaufort. Bij deze weersomstandigheden is interventie hoe dan ook een hachelijke en moeilijke zaak en de efficiëntie van de bestrijding laag (te hoge golven zullen bijvoorbeeld het gebruik van drijflichamen ('booms') sterk bemoeilijken en is het uitvaren van bepaalde schepen problematisch).

Anderzijds geeft dit de minimale tijd weer. In geval van lagere windsnelheden zal er dus meer tijd zijn om interventies op touw te zetten en zal bestrijding op zee eenvoudiger zijn.

Naast het feit van de interventietijd, kunnen er zich verder ook problemen voordoen door het feit dat de windturbines een obstakel kunnen vormen voor het bestrijden van de olievlek. Dit zal vooral het geval zijn als de gelekte volumes groter zijn. Een lek van 20 m³ is voldoende om een cirkelvormig oppervlak met een straal van 500 m te bedekken met een uniforme dikte van 0,1 mm, dit is ongeveer de minimale afstand tussen twee windturbines. Men mag niet vergeten dat de olie zich zelden in een cirkelvorm verspreidt. Het verspreiden van de olie hangt ook af van het soort en de viscositeit: dieselolie verspreidt zich verder en sneller dan zware stookolie of ruwe olie.

Zelfs een olievlek van meer dan enkele tientallen ton, die van buiten het park afkomstig is, kan dus een probleem vormen. Wanneer de olievlek te dicht bij de windturbines komt, maakt dit het indammen moeilijker omdat de bestrijdingsschepen hier veel omzichtiger moeten manoeuvreren. De bestrijding zelf gebeurt door het indammen van de olievlek met behulp van drijflichamen. De olie wordt daarna verzameld in een container met behulp van 'skimmers' (boot, vacuüm pomp, absorberend materiaal) en afgevoerd. Eventueel wordt gebruik gemaakt van chemische dispersanten die de olie afbreekt in kleinere partikels die minder schadelijk zijn.

Uit de resultaten van de modellering blijkt dat er ook verschillen kunnen gevonden worden tussen de oppervlakte die verontreinigd wordt. Een lozing bij springtij blijkt te resulteren in een grotere verspreiding van de olie, wat de bestrijding zou bemoeilijken ten opzichte van een lozing bij dood tij. In het geval van een scenario bij springtij en 5 % frictiecoëfficiënt blijkt dat na 6 à 8 uur de olievlek een lengte heeft bereikt van meer dan 20 km. De olievlek is korter bij 3 % frictiecoëfficiënt en nog kleiner bij doottij.

De impact dat een dergelijke worst-case olielozing heeft op de mariene fauna werd eveneens berekend door WL Delft Hydraulics (Kleissen, 2003; Boot, 2003). De belangrijkste resultaten worden hier kort samengevat. Voor meer gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar het MER C-Power (Ecolas NV, 2003).

De directe verliezen van invertebraten en vissen, bij blootstelling aan de hoogste potentiële concentratie van zware stookolie uit de simulaties, zijn zeer gering. In geval van lagere windsnelheden worden de effecten als nul ingeschat. Eieren en larven van vissen in ondiepe wateren kennen wel een hoge mortaliteit door olieverontreiniging, vooral indien dispersanten gebruikt worden bij de bestrijding van olieverontreiniging (Lindgren & Lindblom, 2004).

De impact van een lozing op het vogelbestand is enerzijds een functie van de aanwezige soorten, hun densiteit en kwetsbaarheid en anderzijds van de vervuilde oppervlakte. Voor het worst-case scenario met een wind van 17 m/s resulterend in een impactgebied van 47 km² kust, verwacht het model tussen de 300 en 400 dode vogels (Ecolas NV, 2003). Het aantal slachtoffers stijgt tot 669 bij een wind van 10 m/s en tot 1117 bij een wind van 7 m/s (Di Marcantonio *et al.*, 2009). De gemodelleerde verliezen aan strandvogels blijven verwaarloosbaar.

De gemodelleerde verliezen dienen evenwel enigszins genuanceerd te worden. De gehanteerde vogeldensiteiten zijn immers gebaseerd op gemiddelde dichtheden in de winter over een periode van 10 jaar. De invloed van de conditie van de vogels en de milieucondities (seizoen, voedselbeschikbaarheid, meteorologische omstandigheden...) van de simulaties op deze densiteit werd niet in rekening gebracht. De

densiteit van de vogels op zee bij een windkracht van 17 m/s zal hoogstwaarschijnlijk afwijken van de gemiddelde winterdensiteit (vermoedelijk lager liggen). Evenmin werd rekening gehouden met het feit dat de vogels bij stormweer rustig water opzoeken. Gezien olie op het water de golfslag verminderd zien de vogels dit als 'rustig' water, wat leidt tot een grotere impact. Bovendien dient hierbij opgemerkt te worden dat de schatting van strandvogels enkel opgaat voor de soorten die vermeld staan in de kwetsbaarheidindex (Vandenbroele *et al.*, 1997), mortaliteit onder andere mogelijk voorkomende soorten is dus niet in overweging genomen wegens een gebrek aan gegevens. Het gehanteerde model kan bijgevolg nog verfijnd worden door meer invloedsparameters in rekening te brengen.

Vogels die besmeurd zijn met olie gaan veelal dood, aangezien de beschermende waslaag aangetast wordt. Het herstel van de vogelpopulatie hangt af van de resterende aanwezigheid van jonge niet-broedende volwassen vogels die dan nog kunnen broeden, of van de reproductiesnelheid. Volgens Lindgren & Lindblom (2004) is er geen bewijs gevonden dat een accidentele olielozing een zeevogelpopulatie permanent vernietigd heeft. Sommige vogelpopulaties met een lokale verspreiding kunnen evenwel sterk beïnvloed worden.

Ook zeezoogdieren kunnen hinder ondervinden bij potentiële verontreiniging daar zij afhankelijk zijn van de atmosferische lucht voor ademhaling (nauw contact water - lucht oppervlak). Volgens Lindgren & Lindblom (2004) zijn er weinig gegevens beschikbaar over het effect van olieverontreiniging op zeezoogdieren, maar wordt het effect van een olielozing op zeezoogdieren eerder beperkt ingeschat aangezien zeezoogdieren zich voldoende kunnen verplaatsen naar gebieden zonder olieverontreiniging.

Tenslotte zal ook de planktongemeenschap beïnvloed worden, maar kan zich in principe snel herstellen. De impact op pelagische vissen is verwaarloosbaar. De benthische fauna zal veelal niet beïnvloed worden door acute toxische effecten, maar zij kunnen wel hinder ondervinden door verstikking door dikke olielagen. (Lindgren & Lindblom, 2004)

Er is een gebrek aan goede ecotoxicologische referentiegegevens voor de bepaling van de impact van diverse types oliën op de mariene organismen. Algemeen kan voor de ecotoxiciteit gezegd worden dat lichtere olietypes meer toxisch zijn dan zware olietypes. Pelagische organismen zullen minder beïnvloed worden dan benthische organismen op basis van de gevoeligheid aan blootstelling. Eieren en larven zijn dan weer gevoeliger dan volwassen exemplaren (Lindgren & Lindblom, 2004).

Persoonlijk letsel

Persoonlijk letsel wordt veroorzaakt doordat de gondel en de mast op het dek van een schip vallen. De term groepsrisico wordt gehanteerd bij een kans op een ramp met meer dan 10 dodelijke slachtoffers. Een dergelijke ramp doet zich alleen maar voor wanneer een chemicaliën tanker, een ferry of een gastanker de windturbine aanvaart, waarna deze knikt en op het dek terecht komt. Voor de frequenties wordt verwezen naar de detailberekeningen in het rapport van MARIN (Bijlage 5.3.2).

Er bestaan geen echte normen voor het risico op zee, maar voor het schatten van de externe veiligheid is aansluiting gezocht bij de risiconormering voor vervoer van gevaarlijke stoffen, zoals beschreven in Anoniem

(1996)⁴⁰. Daar is een oriënterende waarde voor het groepsrisico gegeven van 10^{-4} per jaar per kilometer route (vaarweg) voor een ramp met minstens 10 slachtoffers. Het is overigens de vraag of deze norm toegepast mag worden, want het gaat hier om slachtoffers van de vervoerders (die het ongeval veroorzaken) en niet om slachtoffers in de directe omgeving van de route. Toch is deze oriënterende waarde gebruikt voor het beoordelen van het groepsrisico.

Bij de inrichtingsvariant NSP_sc2_conf2 is de kans op meer dan 10 doden gelijk aan 1/8.318 per jaar. Voor de overige varianten is dit lager. Het windpark heeft een lengte van ongeveer 9,4 km, gemeten langs de zuidoostelijke rand waar de turbines met de hoogste aanvaarkansen staan. Per km vaarweg is de kans dus $1,27 \times 10^{-5}$ voor de variant NSP_sc2_conf2. Gezien de 'worst case' benaderingen mag geconcludeerd worden dat het overlijdensrisico geen echte rol speelt bij de keuze van de inrichtingsvariant.

Bij het gebruik van 6,15 MW turbines is het gemiddelde aantal doden per incident waarbij een dodelijk slachtoffer valt wel iets groter. Voor de varianten met 3,6 MW turbines is dit respectievelijk 4,52 en 4,38 onder scenario 1 en 2. Voor de varianten met 6,15 MW turbines is het aantal doden 4,92 en 4,76. Het verschil wordt veroorzaakt door het feit dat de 6,15 MW turbine groter is en dus een groter oppervlakte beslaat wanneer de turbine op het dek valt. Deze redenering volgend, zal de kans op persoonlijk letsel voor een 10 MW turbine nog iets groter zijn.

Voor een windpark liggen alle contouren voor het individuele risico op het water zodat altijd aan de (eventuele) norm voor het individueel risico wordt voldaan.

5.3.8.3.3 *Ontmantelingsfase*

Tijdens de ontmantelingsfase zal er bijkomend scheepvaartverkeer zijn tussen de werf en de projectsite. De risico's tijdens de ontmantelingfase zullen vergelijkbaar zijn met deze tijdens de constructiefase.

5.3.8.3.4 *Bekabeling*

Er wordt geen bijkomend effect verwacht voor het leggen van de parkbekabeling in vergelijking met de reeds besproken impact ten gevolge van de plaatsing van de windturbines.

Wat betreft het leggen van het kabeltracé vanaf het OHVS tot de kust is de situatie enigszins anders. Tijdens het leggen van de kabels worden er werkzaamheden uitgevoerd waarbij de vaargeulen gekruist moeten worden. Zoals reeds besproken in de andere disciplines zullen de verstoringen en dus de risico's slechts binnen een korte periode optreden. Indien de nodige regulering en communicatie voor het aangeven van deze activiteiten strikt nageleefd wordt, zal ook het risico beperkt blijven.

5.3.8.3.5 *Besluit bespreking en beoordeling van de effecten op scheepvaart*

De windturbines aan de zuidoostelijke rand van het North Sea Power windpark hebben een relatief hoge aanvaarkans vergeleken met de overige turbines. Deze turbines liggen het dichtst bij de route van en naar Maas West die langs het park loopt.

⁴⁰ Kamerstuk 24611; vergaderjaar 1995 – 1996: Risico-normering vervoer gevaarlijke stoffen

Tabel 5.3.18 vat de verschillende resultaten per variant samen. De verschillen worden voornamelijk bepaald door de configuratie; de keuze van de fundering heeft een duidelijk effect, maar het aantal turbines is het meest bepalend. Ondanks het gebruik van jacket funderingen hebben de varianten met ca. 6 MW turbines toch een lagere aanvaringskans per geleverde eenheid energie. Het al dan niet aanwezig zijn van windparken RENTEL en SEASTAR heeft voor het North Sea Power windpark nauwelijks effect.

Tabel 5.3.18: Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten

Inrichtings-variant North Sea Power	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar	Totaal per MWh	Aandeel in aanvaringen scenario
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
NSP_sc1_conf1	949234	86	0,02924	0,00733	0,03963	0,00463	0,08084	8,52E-08	35,6 %
NSP_sc1_conf2	1395337	74	0,03523	0,01604	0,03563	0,00537	0,09228	6,61E-08	38,7 %
NSP_sc2_conf1	949234	86	0,03069	0,00729	0,04034	0,00463	0,08295	8,74E-08	32,4 %
NSP_sc2_conf2	1395337	74	0,03700	0,01593	0,03628	0,00537	0,09458	6,78E-08	35,4 %

De kans op aanvaring door routegebonden schepen is voor het North Sea Power windpark relatief hoog in vergelijking met de andere parken in de omgeving. De totale aanvaar- en aandrijfkans van het North Sea Power windpark varieert van 32,4 % tot 38,7 % van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windparken in de scenario's, met de grootste aanvaarkans voor de windturbines aan de zuidoostelijke rand van het North Sea Power windpark (dichtst bij de route van en naar Maas West). Op zich een significant negatief effect, maar gezien er recent een aanpassing is gebeurd van de wettelijke windconcessiezone (KB 17/05/2004, gewijzigd bij 03/02/2011) in samenspraak met Scheepvaartbegeleiding en andere bevoegde instanties net omwille van de Westpit scheepvaartroute en de veiligheid van schepen, mag verondersteld worden dat er voldoende marge werd ingebouwd en worden huidige resultaten als een berekend 'aanvaardbaar' risico beschouwd.

De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein. Er wordt dan ook ruimschoots aan de criteria voor het extern risico, zowel het individueel als het groepsrisico, voldaan.

De uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een turbine van het North Sea Power windpark in variant NSP_sc2_conf1 is $\approx 8,3$ % van de uitstroom op de Belgische Noordzee zonder windparken. Voor de overige varianten is dit lager.

De gemodelleerde uitstroom van olie is een 'worst case' benadering. Doordat het percentage tankers met een dubbele huid toeneemt, zal de kans op een uitstroom van olie na een aandrijving met een windturbine afnemen.

De configuratie met 47 windturbines van 10 MW op een jacket fundering is niet beschouwd omdat deze configuratie een aanzienlijk lager risico zal opleveren dan configuratie 2. Het aantal turbines, dat het meest bepalend is voor het risico, is met 47 veel kleiner dan de 74 windturbines bij configuratie 2. Er is wel een hoger risico per windturbine door de grotere afmeting, maar dit blijft beperkt.

Op basis van extrapolaties van bestaande modelstudies (Kleissen, 2003; Boot, 2003) blijkt dat de eerste oliedeeltjes afkomstig bij een aanvaring met het North Sea Power windpark (op ca. 20 km afstand van de kust) na ongeveer 11 uur (bij 3 % wind frictie) op de Belgische kust aanspoelen. Dit tijdstip van aanspoelen is voornamelijk windgedreven. Bij eenzelfde lozing onder springtijcondities zal een grotere lengte van het strand besmeurd worden met olie. Bij een hogere windfrictie (5 % wind frictie) zullen de eerste oliedeeltjes aanspoelen na ongeveer 7 uur. Er is dus een relatief korte tijd om tussenbeide te komen in het geval van een olielozing.

Voor de avifauna, en mogelijks ook zeezoogdieren, zullen de belangrijkste korte termijn effecten ondervinden door olieverontreiniging. De impact van een lozing op het vogelbestand is enerzijds een functie van de aanwezige soorten, hun densiteit en kwetsbaarheid en anderzijds van de vervuilde oppervlakte. Voor het worst-case scenario (windsnelheid 17 m/s; impactgebied van 47 km² kust), verwacht het model tussen de 300 en 400 dode vogels (Ecolas NV, 2003). Het aantal slachtoffers stijgt tot 669 bij een wind van 10 m/s en tot 1117 bij een wind van 7 m/s (Di Marcantonio *et al.*, 2009). De gemodelleerde verliezen aan strandvogels blijven verwaarloosbaar. Naast de directe slachtoffers die een ramp veroorzaakt, zijn er ook mogelijks negatieve gevolgen voor de populatie (langdurig effect). Het is echter niet altijd eenvoudig het effect van de ramp te onderscheiden van natuurlijke fluctuaties in een populatie;

Bij bovenstaande besluiten moet evenwel rekening gehouden worden met het feit dat dergelijke effecten sterk afhankelijk zijn van geografische, fysiologische, chemische omstandigheden en weersomstandigheden waardoor de olieverontreiniging beïnvloed kan worden.

Samenvattend worden de cumulatieve effecten op scheepvaart weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
Funderingstype	a	b		a	b
Constructiefase					
Risico's op aanvaring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Exploitatiefase					
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: Gewijzigd verkeersbeeld	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: Rammen en driften	-	-	-	0/-	0/-
Directe effecten voor scheepvaartverkeer: Onderhoud en reparaties	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Gevolgschade: Schip en windturbines	-	-	-	0/-	0/-
Gevolgschade: Verontreiniging en de gevolgen van een scheepsramp	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Gevolgschade:	0	0	0	0	0

Configuratie	1		2	3	
Funderingstype	a	b		a	b
Persoonlijk letsel					
Ontmantelingsfase					
Risico's op aanvaring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Bekabeling					
Risico's op aanvaring	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

5.3.9 Veiligheidsaspecten – Radar en scheepscommunicatie

De bespreking en beoordeling van de cumulatieve effecten van de (geplande) windparken op radar en scheepscommunicatie werd opgemaakt in een deelstudie door Prof. Catrysse (maart 2011). Het volledige rapport bevindt zich in Bijlage 4.9.1. De belangrijkste conclusies worden hier herhaald.

In dit hoofdstuk worden de cumulatieve effecten van alle reeds vergunde windparken (C-Power, Eldepasco en Belwind) en van de windparken waarvoor een concessie werd toegekend (North Sea Power, Rentel en Seastar) besproken.

5.3.9.1.1 Referentiesituatie

Kenmerken windturbines

Bij de studie van Catrysse (2011) werd rekening gehouden met de turbinekenmerken weergegeven in Tabel 5.3.19. Er wordt verondersteld dat alle windturbines die in de juridisch afgebakende zone voor windparken geplaatst zullen worden, ongeveer aan deze kenmerken zullen voldoen.

Tabel 5.3.19: Turbinekenmerken gebruikt bij de bepaling van de cumulatieve effecten van de (geplande) windparken op radars en scheepscommunicatie

	5 MW	7 MW
Masthoogte	100 m	125 m
Mastdiameter voet	6 m	8 m
Mastdiameter top	4 m	6 m
Rotordiameter	120 m	150 m
Gondel	15 x 6 x 5 m	
Wieken	Kunststofmateriaal, met interne bliksemafleider	

Zoals reeds vermeld in hoofdstuk 4.9.3, is de mast bij grote windturbines de dominante factor voor potentiële effecten op marifone systemen. Gegeven de -3 dB openingshoek van de radarbundel en de afstand tussen de radarstations en het windpark, zal de keuze van windturbine geen wezenlijk verschil uitmaken naar de mogelijke effecten in verband met zowel reflectie als mogelijke schaduwzones. De turbinemasten worden namelijk tijdens de rotatie van de radarbundel voldoende lange tijd volledig door de bundel bestraald (Catrysse, 2011).

Kenmerken radars en marifone installaties en systemen

Voor een gedetailleerde beschrijving van de gegevens qua inplanting, frequenties en vermogens van de radarstations en marifone installaties en systemen wordt verwezen naar de verscheidene tabellen in de studie van Catrysse (2011).

Het normale bereik van de SRK radar voor relatief grote schepen bedraagt ca. 30 à 35 km (tot maximaal 42 km bij een volledige reflectie). Dit betekent dat voor deze studie hoofdzakelijk dient rekening gehouden te worden met de radarposten van Zeebrugge, Oostende, Westkapelle en Cadzand. Alhoewel de volledige juridisch afgebakende zone voor windparken niet binnen het eigenlijke werkingsgebied van SRK valt (zie Hoofdstuk 4.9.3), wordt het scheepvaartverkeer dat Westrond-noord vaart toch nog volledig door de radarpost van Zeebrugge opgevolgd, en gedeeltelijk door Oostende en Westkapelle.

5.3.9.1.2 *Effecten tijdens de exploitatiefase*

Er dient opgemerkt te worden dat de inplanting van het North Sea Power windpark in de zone 'Westpit' slechts marginale bijkomende effecten zal hebben, in vergelijking met de situatie waarbij nu reeds een aantal offshore windparken in uitbating of constructie zijn. Onderstaande conclusies dienen dus gezien als algemene besluiten omtrent het geheel van de cumulatieve effecten van meerdere offshore windparken in de Belgische juridisch afgebakende zone voor windparken. A priori dient gesteld te worden dat het type windturbine (3 MW, 5 MW of 7 MW) geen invloed zal hebben op de mogelijke effecten en maatregelen.

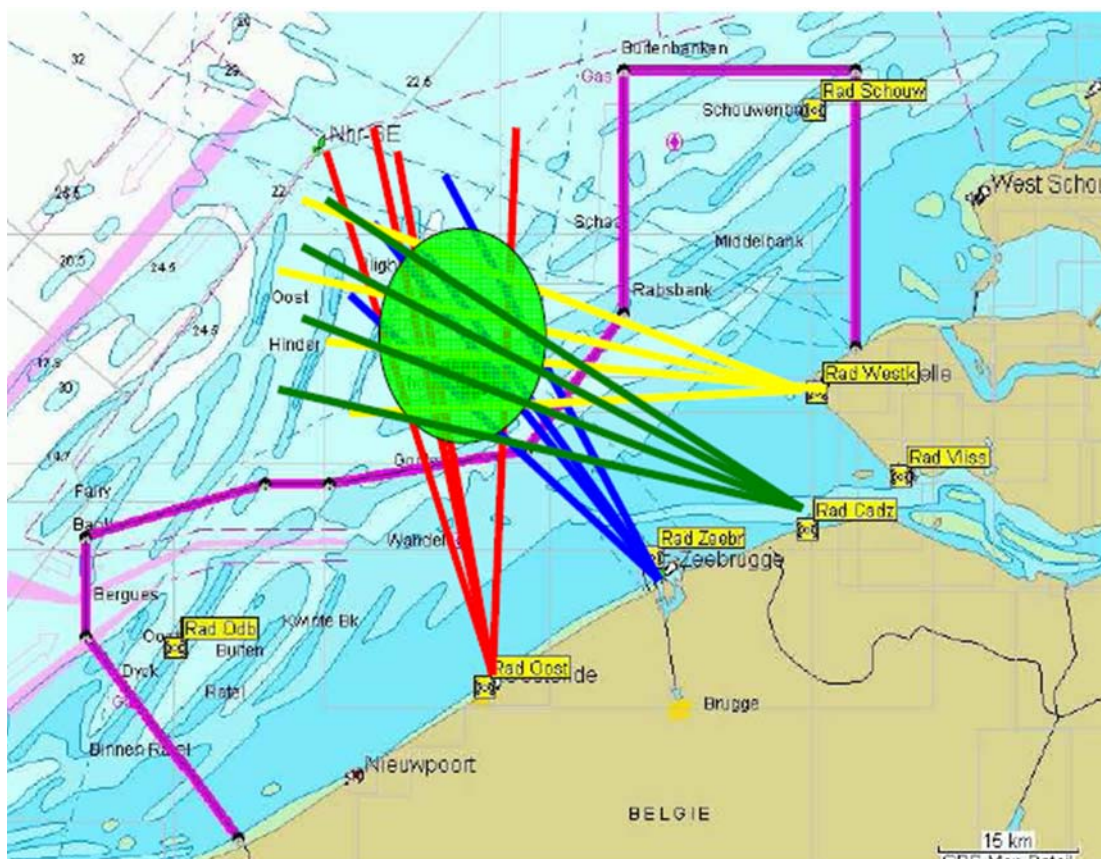
Voor de specifieke besluitvorming omtrent het North Sea Power windpark alleen, wordt verwezen naar Hoofdstuk 4.9.3.

Schelderadarketen (SRK)

De inplanting van de verschillende windparken zal de radaropvolging door SRK, zoals die momenteel gebeurt, slechts gedeeltelijk in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting nagenoeg buiten de reikwijdte van de meeste radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer tussen de kustlijn en 'Westpit'.

Voor een goede opvolging van het scheepvaartverkeer nabij de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, dient rekening gehouden te worden met de mogelijke schaduweffecten, zoals in de detailstudie omtrent de projecten op de Thorntonbank (C-Power), RENTEL en North Sea Power wordt aangegeven.

Voor het gebied achter de Bank zonder Naam en achter de Bligh Bank, zullen zich schaduwzones/dode zones aftekenen, zowel voor de radarobservatie als voor andere marifone systemen (Figuur 5.3.7). Doch dit gebied situeert zich sowieso op de limiet van bereikbaarheid. Naar de oostelijke zijde van de Belgische windparkzone lijkt er geen probleem, gegeven de ligging van een aantal SRK stations in Cadzand, Westkapelle en Vlissingen. Naar de westelijke kant zijn er wel problemen te verwachten, en zou een extra ondersteunend SRK station een uitkomst kunnen bieden.



Figuur 5.3.7: Schematische weergave van de mogelijke gebieden met dode zones (Catrysse, 2011)

Ook voor een goede opvolging van alle scheepvaartverkeer in de nabijheid van de verschillende windparken (o.a. voor onderhoudswerkzaamheden), en voor de feitelijke bewaking en beveiliging van de windparken zelf, tekent zich een probleem af aan de westelijke zijde van de juridisch afgebakende zone voor windparken. Het lijkt aangewezen om in dat verband een extra radarstation te voorzien.

In eerste instantie lijkt een optimale ligging op het westelijk uiteinde van de Blijh Bank, waardoor de waarneming rond de verschillende windparken verzekerd wordt. Dit voorstel van alternatieve inplanting houdt duidelijk rekening met de aanwezigheid van de verschillende geplande windparken. Hierbij dient ook verwezen naar de interne studies van SRK en GNB over de radardekking en de opportuniteit van het geplande offshore radarstation Schouwendijk aan de oostelijke zijde.

Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de noodzaak van een extra radarstation duidelijk is, maar de exacte locatie ook nog van andere factoren (zoals vrije zones van onderzeese kabels, pijpleidingen, etc. zal afhangen).

Scheepsradar

De invloed van mogelijke meervoudige reflecties is enkel belangrijk met betrekking tot de scheepsradar, waarbij dit effect voelbaar is binnen een zone van zowat 1 tot 2 km afstand tot elk windpark. Het is duidelijk dat mogelijke meervoudige reflecties geen a priori gevaarlijke situaties zullen opleveren, en meestal slechts een vals beeld binnen of in de onmiddellijke nabijheid van het park zullen opleveren.

Dit kan echter wel, door maskering, aanleiding geven tot een verminderde zichtbaarheid binnenin het windpark. Een ander effect kan zijn dat zowel de windturbines zelf, als eventueel schepen binnen het windpark als een uitgesmeerd beeld zullen waargenomen worden op het radarscherm, in plaats van een eerder scherp afgelijnd beeld, zonder dat dit aanleiding geeft tot intrinsiek onveilige situaties.

Deze effecten worden uitvoerig gedocumenteerd in de volgende internationale studies:

Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004

Alle meervoudige reflecties zijn slechts tijdelijk van aard, gezien de voortbeweging van het schip. Dergelijke 'valse' echo's zullen de veiligheid echter niet direct in gevaar brengen. Ofwel worden valse beelden gecreëerd in en onmiddellijk achter het windpark, ofwel in dezelfde richting als een ander schip. Er zal nooit een valse echo kunnen optreden, waarbij een vals beeld gevormd wordt tussen het schip en het eerste object in de nabijheid van het schip.

Hierbij dient duidelijk opgemerkt te worden dat dit effect een lokaal verschijnsel is, en niet direct gekoppeld aan mogelijke cumulatieve effecten van meerdere windparken.

VHF radiocommunicatiestations

Voor de marifone VHF communicatie systemen, RDF en AIS, kan gesteld worden dat enkel voor de verre communicatie op de Westrond-noord route en de verre routes enig voorbehoud dient gemaakt te worden. Maar ook hier is de werkelijke beperking eerder het bereik van de radioinstallaties zelf.

Er dient duidelijk gesteld dat voor het gebied tussen de kustlijn en de 'Westpit' er zich geen wijzigingen voordoen met de actuele toestand.

Ook hier zou het aangewezen zijn om een extra ondersteunend relaisstation voor marifone communicatie te voorzien (bij voorkeur op dezelfde locatie als het extra radarstation), zodat een optimale radiocommunicatie met de verschillende windparken en het scheepvaartverkeer ernaar toe kan gegarandeerd worden.

Radio direction finder (RDF)

Voor de RDF systemen kan met zekerheid gesteld worden dat de invloed eerder minimaal en zelfs marginaal zal zijn, met een maximale fout op de hoekbepaling van 0,5° à 1°.

DGPS systeem

De inplanting van de offshore windparken zal geen invloed hebben op het gebruik van het 312 kHz DGPS systeem.

Automatic information system (AIS)

Aan de voorwaarden voor de delay-spread voor het AIS systeem wordt voldaan.

5.3.9.1.3 *Besluit bespreking en beoordeling van de cumulatieve effecten op radar en scheepscommunicatie*

Algemeen kan gesteld worden dat de realisatie en inplanting van de diverse offshore windparken geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet en gelegen binnen het officieel werkingsgebied van SRK.

Toch lijkt de inplanting van een extra radarstation en een ondersteunend relaisstation voor de marifone communicatie aangewezen in verband met de opvolging van het verre scheepvaartverkeer, en van het toekomstige scheepvaartverkeer van en naar de betreffende windparken. De noodzaak en mogelijke positie hiervan dient door de bevoegde instanties onderzocht te worden.

Samenvattend worden de cumulatieve effecten op radar en scheepscommunicatie weergegeven voor de diverse alternatieven (diverse combinaties van configuratie + funderingstype, zoals weergegeven in Tabel 3.3.1). Volgende definities zijn van toepassing: significant positief (++), matig positief (+), gering positief (0/+), (vrijwel) geen effect (0); gering negatief (0/-), matig negatief (-), significant negatief (--).

Configuratie	1		2	3	
<i>Funderingstype</i>	a	b		a	b
Constructiefase					
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0
Exploitatiefase					
Schelderadarketen (SRK)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Scheepsradar	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
VHF radiocommunicatiestations	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Radio direction finder (RDF)	0	0	0	0	0
DGPS systeem	0	0	0	0	0
Automatic information system (AIS)	0	0	0	0	0
Ontmantelingsfase					
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0
Bekabeling					
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0

5.4 LEEMTEN IN DE KENNIS

Door het toenemende aantal offshore windenergie projecten groeit het bewustzijn dat er meer aandacht moet besteed worden aan het mogelijke milieueffect ten gevolge van de combinatie van meerdere initiatieven en neemt het aantal wetenschappelijke studies toe. De eerste monitoringsresultaten van constructiewerkzaamheden ter hoogte van het C-Power windpark en het Belwind windpark zijn gepubliceerd, maar laten nog niet toe om eventuele cumulatieve effecten te identificeren. Er bestaat dus nog steeds veel

onzekerheid over de mogelijke cumulatieve effecten van verschillende windparken onderling en in combinatie met andere mariene activiteiten.

Een eerste indicatie van leemten in de kennis is reeds gegeven in de afzonderlijke hoofdstukken binnen dit MER. Enkele belangrijke punten worden hier nogmaals kort herhaald die van belang kunnen zijn in de cumulatieve context.

Er is een leemte in de kennis rond de impact van het deponeren van hoeveelheden zand met een grootteorde zoals bij de aanleg van de 4 windparken – in het geval van gravitaire funderingen – op de banken.

Grote onzekerheid bestaat rond het cumulatieve effect van geluid en trillingen (met speciale aandacht voor de heilactiviteiten) op het onderwaterleven, alsook het cumulatieve effect van elektromagnetische velden door de nabijheid van meerdere kabels op zee. Meer onderzoek is wenselijk naar het cumulatieve effect van de introductie van hard substraat in overwegend zandige biotopen als de Noordzee. In het algemeen geldt dat er leemten in kennis zijn over aanvaringsrisico's, barrièrewerking en verstoring van vogels in offshore windparken (zowel overdag als 's nachts). Met name soortspecifieke kennis ontbreekt.

Omdat niet bekend is in welke gebieden op bepaalde vissoorten wordt gevestigd, kunnen mogelijke cumulatieve effecten voor visserij niet voldoende ingeschat worden.

Problemen op het vlak van scheepvaartveiligheid zijn hoofdzakelijk het gevolg van menselijke nalatigheid of economische druk. Deze factoren vallen zeer moeilijk in te schatten, maar zijn zekere niet verwaarloosbaar in de analyse. Onopzettelijk menselijk falen werd betrokken in de analyse doch opzettelijke fouten niet.

5.5 MITIGERENDE MAATREGELEN

Naarmate meer parken worden gerealiseerd zowel in binnen- als buitenland is er een grotere kans op het optreden van cumulatieve effecten. Deze groei in windenergie initiatieven wereldwijd zou in de eerste plaats veel baat kunnen halen uit een gesynchroniseerde ruimtelijke planning op internationale schaal om de mogelijke cumulatieve effecten beter te begrenzen.

Om het ruimtebeslag van de kabeltracés te beperken en zodoende zo veel mogelijk ruimte beschikbaar te houden voor overige gebruiksfuncties, wordt voorgesteld om de kabels waar mogelijk gebundeld aan te leggen.

Gezien de onzekerheid en leemtes in de kennis moeten de eerste resultaten met de nodige voorzichtigheid beoordeeld worden en is de beste mitigerende maatregel bijkomende monitoring van mogelijke cumulatieve effecten.

Naast deze algemene bedenkingen wordt kort ingegaan op mogelijke milderende maatregelen voor twee belangrijke disciplines: fauna, flora & biodiversiteit en veiligheidsaspecten.

5.5.1 Fauna, flora & biodiversiteit

België heeft in internationaal verband (Europese Habitatrichtlijn Bijlage II, IV en ASCOBANS) verplichtingen op zich genomen om zeezoogdieren te beschermen en om negatieve impacten (in het bijzonder van

akoestische aard) zoveel mogelijk te vermijden. Daarom zijn bij heiwerkzaamheden preventieve maatregelen vereist: gebruik van akoestisch afschrikmiddel, zoveel mogelijk vermijden van het uitvoeren van heiwerkzaamheden in periodes waarin zeezoogdieren in hoge aantallen voorkomen of tijdens gevoelige periodes (bv. paai) van vissen en zeezoogdieren, het toepassen van een 'ramp-up' procedure, etc. Deze mitigerende maatregelen worden besproken onder de desbetreffende disciplines. Dit geldt zowel in het geval er één park gebouwd wordt als indien meerdere parken tegelijk gebouwd worden. Indien met deze milderende maatregel rekening wordt gehouden, zullen de effecten van de heiwerkzaamheden op vissen en zeezoogdieren sterk gemilderd worden.

5.5.2 Veiligheidsaspecten

Volgende veiligheidsmaatregelen worden voorgesteld:

- In de veiligheidszone van 500 m rond het windpark, wordt geen scheepvaart toegelaten;
- Een interventieplan moet beschikbaar zijn voor incidenten met aanvaring tussen een schip en een windturbine en voor olievervuiling in de nabijheid van het windpark;
- AIS (Automatic Identification System) voorzien op de windturbines die op de hoeken van het windpark staan en een radiokanaal voorzien dat in verbinding staat met het controlecentrum van het windpark;
- Opstellen van veiligheidsprocedures met betrekking tot scheepvaartverkeer gerelateerd aan het windpark;
- Aanbrengen van navigatieverlichting en radarreflectoren voor bebakening van het windpark ten behoeve van het scheepvaartverkeer (conform de IALA richtlijnen);
- Eventueel bewaking van het scheepvaartverkeer rond het windpark, met adequate waarschuwingsprotocols en/of wettelijke bepalingen.

Naast deze veiligheidsmaatregelen op het niveau van het windpark zelf (initiatiefnemer), worden enkele maatregelen vermeld die buiten de verantwoordelijkheid liggen van de initiatiefnemer, maar wel de algemene veiligheid op zee ten goede zouden komen:

- Het uitrusten van het onderhoudsschip als een multifunctioneel schip met bijkomende functionaliteiten zoals slepersfunctie, brandbestrijding, oliebestrijding, etc.
- Een sleepboot (ETV) kan een deel van de aandrijvingen voorkomen. Bij positionering van de ETV bij ankergebied Westhinder bij windkracht vanaf 5 Bft, kan ongeveer 68 % van het aantal aandrijvingen worden voorkomen. De chartering kan een joint venture zijn tussen de Belgische en Nederlandse belanghebbenden. Alle exploitanten van windparken in de Belgische zeegebieden zouden aan de financiële last van deze chartering, als een compensatie in milieuvoordeel, kunnen bijdragen.
- Het gebruik van AIS voor kleinere schepen (sinds 1 Januari 2005 verplicht voor schepen > 300 GT (ongeveer 55 m)) waardoor het probleem van kruisende schepen verkleint (tot 20 % reductie in aanvaringen).

Ten slotte dient te worden opgemerkt dat de bepaling van de kans op een uitstroom van olie een 'worst case' benadering is. Indien de kans op olie-uitstroom en de hoeveelheid uitstroom een belemmering zouden

vormen voor het al dan niet bouwen van offshore windparken, dan verdient de schadematrix waarop de berekeningen gebaseerd zijn, verdere aandacht:

- In de praktijk zal een windturbine niet vol (centraal) geraakt worden maar met de voor- of achterkant van het schip, waardoor een deel van de botsingsenergie wordt omgezet in een rotatie van het schip;
- Het gebruik van een monopile zonder uitsteeksels zal minder vaak tot een gat in de scheepshuid leiden dan een jacket of een monopile met een platform met andere attributen;
- bij de bepaling van de uitstroom van ladingolie is uitgegaan van enkelwandige olietankers, die echter bijna uitgefaseerd zijn op de Noordzee en zijn vervangen door dubbelwandige tankers. Dit betekent dat de kans op uitstroom van ladingolie beduidend minder kan zijn dan wat met de huidige 'worst case' NSW-schadematrix wordt berekend. Gezien de ontbrekende praktijkgevallen blijft een conservatieve benadering van de olie-uitstroom gewenst.

De opvolging van het verre scheepvaartverkeer, en van het toekomstige scheepvaartverkeer van en naar de betreffende windparken kan worden verbeterd met een extra radarstation en een ondersteunend relaisstation voor de marifone communicatie (Catrysse, 2011). De noodzaak en mogelijke positie hiervan dient door de bevoegde instanties onderzocht te worden.

5.6 MONITORING

Monitoring is noodzakelijk om de geïdentificeerde leemtes in de kennis weg te werken. Als basis voor de monitoring wordt verwezen naar de verschillende hoofdstukken. Indien mogelijk moeten de monitoringsprogramma's van de verschillende parken op elkaar afgestemd worden en synergieën gezocht worden, in overleg tussen de BMM en de vier initiatiefnemers. Dit moet ervoor zorgen dat zoveel mogelijk leemtes opgevuld raken en dat financiële inspanningen voor monitoring leiden tot een nuttig resultaat.

6 GRENSOVERSCHRIJDENDE EFFECTEN IN HET KADER VAN HET ESPOO-VERDRAG

6.1 ALGEMEEN

Het Verdrag van ESPOO (1991) wijst op de verplichtingen van de verschillende lidstaten inzake grensoverschrijdende milieueffecten van bepaalde activiteiten waaronder de ontwikkeling van offshore windenergie. Het Verdrag werd opgenomen in het KB 07/09/2003 (art. 19).

Gezien de positie en de afstand van de inplanting van het North Sea Power windpark ten opzichte van de buurlanden kunnen enkel effecten verwacht worden naar Nederland toe. In Lindeboom *et al.* (2005) wordt een beschrijving gegeven van de gebruiksfuncties op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) als ook de gebieden met een bijzondere ecologische waarde (Kaart 6.1.1).

Momenteel bevindt het dichtst bijgelegen natuurgebied zich op ca. 20 km van het North Sea Power windpark; namelijk de 'Deltakust' of 'Voordelta' (Vogel- en Habitatrichtlijngebied & aangewezen wetland). Verder zijn vijf gebieden aangeduid in de Nota Ruimte (Ministeries van VROM, LNV, VenW en EZ, 2004) met bijzonder ecologische waarden waar een beschermingsregime is vastgesteld. Hieronder bevindt zich het gebied van de Kustzee met plaatselijk een soortenrijke bodemfauna die van groot belang is voor zowel vogels, vissen als zeezoogdieren. Vervolgens worden ook vier nieuwe gebieden die mogelijks in aanmerking komen voor bescherming in de studie Lindeboom *et al.* (2005) aangehaald. Belangrijk in het kader van dit MER is het gebied de Zeeuwse Banken dat grenst aan de Deltakust en tegen de Belgische grens ligt. Het gebied voldoet aan de criteria die in de Habitatrichtlijn voor zandbanken genoemd worden en omvat o.a. de Vlakte van de Raan die reeds als Speciale beschermingszone is aangeduid bij Europa⁴¹.

Het aantal gebruiksfuncties die binnen deze gebieden plaatsvinden zijn grotendeels beperkt tot visserij en aggregaatextractie (Kaart 6.1.2). Bovendien kruisen verschillende kabels en pijpleidingen deze gebieden (Lindeboom *et al.*, 2005). In de kustzone liggen een aantal belangrijke badplaatsen zoals Westkapelle en Vrouwenpolder. Deze bevinden zich op een afstand van meer dan 30 km.

Kaart 6.1.1: Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het NCP (Lindeboom *et al.*, 2005)

Kaart 6.1.2: Gebruikers op het NCP (www.noordzeeloket.nl)

6.2 EFFECTEN

Van al de beschouwde disciplines kan er eventueel een beperkt effect verwacht worden voor de discipline geluid, zeezicht en veiligheid. Er wordt verwezen naar de relevante paragrafen in hoofdstuk 4.

Gezien de grote afstand tot de Nederlandse kust (meer dan 25 km) zullen de windturbines geen geluidshinder veroorzaken. Op zee kan er wel geluidshinder verwacht worden daar de Nederlandse wateren

⁴¹ In het arrest nr. 179.254 van de Raad van State van 1 februari 2008 vernietigt de Raad van State echter de aanduiding van de Vlakte van de Raan als Speciale Beschermingszone volgens het KB van 14/10/2005. Het gebied blijft echter wel aangemeld op Europees niveau.

slechts 0,5 km van het windpark verwijderd zijn. Boven water aan de grens wordt er een specifiek geluid van ongeveer 50 dB(A) verwacht (Kaart 5.3.1.).

Ter hoogte van de kuststeden die dicht bij de grens met België gelegen zijn, zal het mogelijk zijn om het North Sea Power windpark vanaf de dijk of het strand waar te nemen. De impact hiervan op het zeezicht wordt besproken in § 4.7 ('Zeezicht'). Het zicht vanaf de kust zal het meest vergelijkbaar zijn met de situatie zoals in Knokke (simulaties vanuit fotolocatie A).

Vergeleken met de huidige situatie waarin windparken Belwind, Eldepasco en C-Power worden verondersteld aanwezig te zijn (Figuur 5.3.4), zorgt de aanwezigheid van windpark North Sea Power niet voor veranderingen van verkeersstromen rond de windparken. Er worden dan ook geen effecten verwacht van veranderende verkeersstromen op de veiligheid, de economische kosten en de extra CO₂ uitstoot door omvaren.

De kans op aanvaring door routegebonden schepen, en dus ook de potentiële hinder voor doorgaand verkeer naar Nederland, is voor het North Sea Power windpark relatief hoog in vergelijking met de andere parken in de omgeving. De totale aanvaar- en aandrijfkans van het North Sea Power windpark varieert van 32,7 % tot 38,6 % van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windparken in de scenario's. Het bijkomend risico voor olieverontreiniging wordt echter nog steeds als aanvaardbaar ingeschat. Worst-case simulaties van mogelijke olieverontreiniging (bij een windsnelheid van 17 m/s en een windrichting die recht naar de kust blaast; in ca. 1,2 tot 2,6 % van de observaties) zou een deel van de olie de Belgische kust bereiken. Bij lagere windsnelheden bereikt de olievlek de Belgische kust niet maar spreidt zich uit in noordoostelijke richting. Mogelijk zal de olievlek dan de Nederlandse kust bereiken. Bijgevolg kunnen zich dan ook effecten voordoen op de avifauna in de Voordelta, al is de kans gering.

De dichtst bijgelegen windparken gesitueerd op het Nederlands grondgebied liggen op ruime afstand (ca. 50 km) van de Belgische grens (Kaart 6.1.2). Er worden dan ook geen cumulatieve grensoverschrijdende effecten verwacht ten gevolge van windenergie initiatieven.

7 SYNTHESE EN CONCLUSIES

7.1 INGREEP-EFFECTRELATIES

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de geïntegreerde evaluatie van de effecten per discipline ten gevolge van de ontwikkeling van het North Sea Power windpark. Er is gekozen voor een semi-kwantitatieve aanpak. Hierbij worden de effecten beschreven in relatie tot hun grootte, hun reikwijdte (omvang) en hun tijdelijk of permanent karakter. De beschreven effecten worden in de vorm van een relatieve plusmin-beoordeling weergegeven.

Volgende definities zijn van toepassing:

Symbol	Omschrijving	Beschrijving	Beoordeling milieu/organismen
++	Significant positief effect	Meetbaar positief effect, van grote omvang (BDNZ), tijdelijk of permanent karakter	Zeer positief
+	Matig positief effect	Meetbaar positief effect, van beperkte omvang (projectgebied), tijdelijk of permanent karakter	Positief
0/+	Gering positief effect	Meetbaar klein positief effect, van beperkte omvang (projectgebied), steeds tijdelijk karakter	Neutraal
0	(vrijwel) geen effect	Onmeetbaar effect of niet relevant	Geen
0/-	Gering negatief effect	Meetbaar klein negatief effect, van beperkte omvang (projectgebied), steeds tijdelijk karakter	Verwaarloosbaar
-	Matig negatief effect	Meetbaar negatief effect, van beperkte omvang (projectgebied), tijdelijk of permanent karakter	Aanvaardbaar
--	Significant negatief effect	Meetbaar negatief effect, van grote omvang (BDNZ), tijdelijk of permanent karakter	Onaanvaardbaar

Bij de effectbeoordeling wordt onderscheid gemaakt in effecten tijdens de constructie, de exploitatie, de ontmanteling en de bekabeling. Tevens wordt aangegeven welke de leemten in de kennis zijn en welke milderende (effectbeperkende) maatregelen mogelijk zijn. Er wordt zowel aandacht besteed aan de negatieve effecten als aan de mogelijke positieve effecten voor het milieu.

7.2 NORTH SEA POWER WINDPARK

Doorheen het MER werden de effecten besproken voor zowel de drie configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark (Tabel 7.2.1) alsook voor het basisscenario bestaande uit de 6 geplaatste gravitaire funderingen van C-Power, de 55 geplaatste monopiles van Belwind en de Norther configuratiealternatieven (conf. 1 & conf 3b). Gezien de niet significante verschillen in effecten tussen beide scenario's, wordt hier enkel een overzicht gegeven van de ingreep-effectrelaties van het North Sea Power windpark. Voor de cumulatieve effecten wordt verwezen naar 7.3.

In Tabel 7.2.1 worden de ingreep-effect relaties weergegeven voor de diverse disciplines, met betrekking tot volgende weerhouden alternatieven (configuratie + funderingstype):

Configuratie		Aantal turbines	Rotor-diameter	Individueel vermogen	Totaal geïnstalleerd vermogen	Funderings-type	Erosie-bescherming
Configuratie 1	a	86	120 m	3 – 4,5 MW	258 – 340 MW (ca. 320 MW)	monopile	JA: statische bescherming
	b						JA: dynamische bescherming
Configuratie 2		74	130 m	5 – 6,5 MW	370 – 444 MW (ca. 420 MW)	jacket	NEEN
Configuratie 3	a	47	150 m	7 – 10 MW	329 – 470 MW (ca. 400 MW)	jacket	NEEN
	b					gravitaire fundering	JA

Het gezamenlijk geïnstalleerd vermogen voor het North Sea Power windpark zou aldus maximaal 470 MW bedragen. Het windpark zal jaarlijks een opbrengst van ca. 800 GWh tot 1.500 GWh genereren, wat overeen komt met het gemiddelde jaarverbruik van ca. 230.000 tot 430.000 gezinnen.

Tabel 7.2.1: Overzicht van de ingreep-effect relaties voor de verschillende disciplines

Fase	Constructie					Exploitatie					Ontmanteling					Bekabeling				
ABIOTISCHE OMGEVING																				
Effecten op de bodem	0/-	0/-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het water	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het klimaat	0	0	0	0	0	0/+ of 0/-	0/+ of 0/-	0/+ of 0/-	0/+ of 0/-	0/+ of 0/-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op de atmosfeer	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	+	+	+	+	+	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op geluid en trillingen	-	-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het zeezicht	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	-	-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0
Effecten op cultureel erfgoed	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BIOTISCHE OMGEVING																				
Effecten op epi/macrobenthos (zachte substraten)	0/-	0/-	0/-	0/-	-	0	0	0	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op vissen (zachte substraten)	-	-	-	-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op epi/macrobenthos (harde substraten)	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0	0	0	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten vissen (harde substraten)	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op avifauna	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/- (?)	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op zeezoogdieren	-	-	-	-	0/-	0/- of	0/- of	0/- of	0/- of	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

Fase	Constructie					Exploitatie					Ontmanteling					Bekabeling				
						0/+	0/+	0/+	0/+	of +										
MENSELIJKE ACTIVITEITEN																				
Effecten op visserij	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/+	0/+	0/+	0/+	0/+	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op andere windparken	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op maricultuur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op natuurgebieden	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
VEILIGHEID																				
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	0	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Risico's op hinder voor luchtverkeer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7.3 CUMULATIEVE EFFECTEN

In Tabel 7.3.1 wordt een overzicht gegeven van de geïntegreerde evaluatie van de cumulatieve effecten per discipline ten gevolge van de ontwikkeling van de drie momenteel vergunde windparken in het Belgische Deel van de Noordzee (Eldepasco + Belwind + C-Power) in combinatie met twee configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark. De twee geëvalueerde configuratiealternatieven van het North Sea Power windpark zijn configuratiealternatief 1 (86 MP * 3 MW) die de situatie weergeeft met het meeste aantal turbines en configuratiealternatief 3b (47 GBF * 10 MW) die de situatie weergeeft met de grootste turbines.

Momenteel zijn reeds 6 windturbines van het C-Power windpark gebouwd (met gravitaire funderingen) en operationeel. De nog te installeren turbines (48 stuks) zullen in de zeebodem verankerd worden met jacket funderingen (aanvang voorjaar 2011). Eldepasco plant de bouw van 72 turbines met monopile fundering (aanvang najaar 2011). Ter hoogte van het Belwind windpark tenslotte werden reeds 55 turbines geïnstalleerd (met monopile funderingen). Er is nog geen nadere informatie beschikbaar wanneer de tweede fase zal aanvatten waarbij nogmaals 55 windturbines (monopiles) zullen worden geplaatst.

Tabel 7.3.1: Overzicht van de cumulatieve ingreep-effect relaties voor de verschillende disciplines

Fase	Constructie		Exploitatie		Ontmanteling		Bekabeling	
ABIOTISCHE OMGEVING								
Effecten op de bodem	0/-	-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op het water	0/-	0/-	0	0	0	0	0/-	0/-
Effecten op het klimaat	0	0	0/+	0/+	0	0	0	0
Effecten op de atmosfeer	0/-	0/-	+	+	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op geluid en trillingen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0	0
Effecten op het zeezicht	0/-	0/-	0/-	-	0/-	0/-	0	0
Effecten op cultureel erfgoed	0	0	0	0	0	0	0	0
BIOTISCHE OMGEVING								
Effecten op epi/macrobenthos (zachte substraten)	0/-	-	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op vissen (zachte substraten)	-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op epi/macrobenthos (harde substraten)	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0	0	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten vissen (harde substraten)	0/- of 0/+	0/- of 0/+	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
Effecten op avifauna	0/-	0/-	-	-	0/-	0/-	0	0
Effecten op zeezoogdieren	-	-	0/-	0/-	0/-	0/-	0	0
MENSELIJKE ACTIVITEITEN								
Effecten op visserij	0	0	0/+	0/+	0	0	0	0
Effecten op militaire activiteiten	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op kabels en pijpleidingen	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op zand- en grindontginning	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op andere windparken	0	0	0	0	0	0	0	0
Effecten op maricultuur	0	0	0/+ (?)	0/+ (?)	0	0	0	0
Effecten op natuurgebieden	0	0	0	0	0	0	0	0

Fase	Constructie		Exploitatie		Ontmanteling		Bekabeling	
VEILIGHEID								
Risico's op scheepvaartaccidenten	0/-	0/-	-	-	0/-	0/-	0/-	0/-
Risico's op hinder voor radar en scheepscommunicatie	0	0	0/-	0/-	0	0	0	0
Risico's op hinder voor luchtverkeer	0	0	0	0	0	0	0	0

7.4 CONCLUSIES

In de hiernavolgende onderdelen wordt per fase van het project een synthetisch overzicht gegeven van de belangrijkste conclusies. Enkel effecten die op basis van de uitgebreide analyse als betekenisvol werden geïdentificeerd worden hier herhaald. Gezien voor de meeste effecten geen onderscheid terug te vinden is voor het North Sea Power windpark als voor het basisscenario, zijn de besluiten voor beiden geldig tenzij expliciet wordt vermeld. Eenzelfde redenering is geldig voor de conclusies van de beschreven scenario's (inclusief configuratiealternatief 1 versus configuratiealternatief 3b); voor de beschrijving van de cumulatieve effecten. Indien voor bepaalde effecten relevante verschillen worden gevonden tussen beide scenario's, worden deze afzonderlijk vermeld.

Voor leemten in de kennis, compensaties en voorgestelde monitoring maatregelen wordt verwezen naar de specifieke hoofdstukken.

North Sea Power windpark/ Basisscenario	
Discipline	Effect
Constructiefase	
Bodem	<ul style="list-style-type: none"> bij paalfunderingen (monopile/ jacket) (conf. 1, 2 & 3a) treedt een lokale verstoring op van de geologische structuur langs de gehele sedimentlaag die door de paal doorboord wordt voornamelijk bij gravitaire funderingen (conf. 3b) moet een aanzienlijk zandoverschot (45.000 m³/ turbine) als gevolg van de benodigde uitgraving, tijdelijk gestockeerd worden; de keuze voor de stockagelocatie is een belangrijk punt van aandacht onzekerheid bestaat over de werkelijke verliezen ten gevolge van dit zandtransport naar tijdelijke stockageplaatsen; nodige aandacht voor efficiënte projectlogistiek van uitgravingen (zowel in ruimte als in tijd)
Water	<ul style="list-style-type: none"> een zeer lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit ten gevolge van het inheien van de palen (conf. 1, 2 & 3a) en/of het baggeren en terugstorten van zand (conf. 3b)
Atmosfeer	<ul style="list-style-type: none"> de energieconsumptie en daaraan gerelateerde emissies zijn het grootst tijdens de periode van het winnen van de grondstoffen tot en met de productie van de turbineonderdelen de emissies ten gevolge van scheepvaart zullen slechts een zeer beperkte invloed hebben op de lokale luchtkwaliteit ter hoogte van het Kanaal de impact op de luchtkwaliteit zal ten gevolge van het hoger aantal ingeschatte transporten iets groter zijn bij de keuze voor configuratie 1 dan bij configuratie 2 en 3.
Geluid	<ul style="list-style-type: none"> significante tijdelijke en lokale verhoging van de geluidsniveau's boven en onder water (vnl. ten gevolge van het heien) voor de monopile en jacket fundering: <ul style="list-style-type: none"> onder water zal dit heigeluid het achtergrondgeluidsniveau van 105 dB (re 1μPa) overstijgen tot op ca. 20 km van de bron; boven water zal het specifieke geluid van een hydraulische heihamer met mantel (bronvermogen ca. 101 dB(A)) 35 db (A) (=achtergrondgeluid boven water thv projectgebied) bedragen op ongeveer 420 m (berekend

	<p>met overdrachtsmodel IMMI 2010)</p> <ul style="list-style-type: none"> mitigerende maatregelen tijdens heideactiviteiten aangewezen
Fauna	<ul style="list-style-type: none"> een bentisch habitatverlies van ca. 0,003 % (conf. 2) tot max. 8,4 % (conf. 3b; stockage 1 m) van de concessie oppervlakte (ca. 44 km²) door constructie (direct) en stockage van gebaggerd zand (indirect); of m.a.w. < 1,5 % van de windconcessie zone en < 0,1 % van het BDNZ het verlies aan organismen is sterk gerelateerd met het biotoopverlies en zal dus toenemen bij de keuze voor meer turbines en/of bij de keuze voor gravitaire fundering (~ indirect biotoopverlies); maar onafhankelijk van het funderingstype of opstellingsvariant wordt het verlies aan organismen als gering (conf. 1, 2 & 3a) tot matig negatief (conf. 3b) geschat een beperkte en tijdelijke verstoring van de bentische fauna en vissen ten gevolge van het omwoelen van de zeebodem en de daaruit voortvloeiende verhoogde turbiditeit en door de productie van geluid en trillingen ten gevolge van de toegenomen scheepstraffiek onderwatergeluid tijdens aanleg (heien) van het windpark (monopile/ jacket fundering) kan leiden tot verhoogde mortaliteit bij vislarven en (zware) verstoring van bepaalde vissoorten waardoor deze tijdelijk het gebied zullen verlaten; onzekerheid omtrent de grootte van de impact van geluid en trillingen blijft bestaan de aanwezigheid van turbines, funderingen en erosiebescherming zal leiden tot het ontstaan van een nieuw biotoop en hiermee verbonden gemeenschappen ('reef effect'); het effect (ongeacht positief of negatief) zal groter zijn bij GBF (conf. 3b) dan bij monopile (conf. 1) of jacket (conf. 2 & 3a), maar steeds aanvaardbaar gezien de beperkte oppervlakte inname ten opzichte van het BDNZ ($\leq 0,01$ %) tijdelijke verstoring (gering negatief effect) van verstoringgevoelige vogelsoorten tijdens de bouw van het windpark als gevolg van de werkzaamheden; waarschijnlijk zullen verstoringgevoelige soorten het gebied tijdelijk verlaten, maar terugkeren na het beëindigen van de constructiefase zeezoogdieren kunnen tijdelijke hinder (gering negatief effect) ondervinden als gevolg van toenemende turbiditeit, onderwaterbewegingen, toegenomen werfverkeer; de grootste hinder valt echter te verwachten door toegenomen geluid en trillingen (vnl. heidewerkzaamheden monopile/ jacket fundering) en veranderingen in voedselbeschikbaarheid tijdens de constructiefase; waarschijnlijk zullen ze daardoor het gebied tijdelijk verlaten; milderende maatregelen (conf. 1, 2 & 3a) zijn nodig om deze effecten binnen aanvaardbare normen te houden
Zeezicht	<ul style="list-style-type: none"> tijdelijke visuele wijziging van het zeezicht en het kustlandschap door werfverkeer en bouwactiviteiten; de beleving (rustverstoring versus toeristische attractie) wordt als verwaarloosbaar ingeschat
Mens	<ul style="list-style-type: none"> er worden geen effecten verwacht voor de verschillende gebruikers
Veiligheid	<ul style="list-style-type: none"> zie cumulatief
<p>Tijdens de inrichtingsfase zal er een tijdelijke milieuverstoring plaatsvinden ten gevolge van de werkzaamheden. Bij gravitaire funderingen (conf. 3b) dient er een aanzienlijk zandoverschot gestockeerd te worden binnen het concessiegebied. Als gevolg van de activiteiten (varen, heien, gebruik van de kraan, ...) zal er een tijdelijk een verhoogd geluidsniveau aanwezig zijn onder en boven water. Als gevolg van de</p>	

<p>erosiebescherming en de turbines zal er beperkt verlies zijn aan zandbodem als leefomgeving. Er treedt een tijdelijke benthische habitatverstoring op door de stockage van gebaggerd zand en een beperkte en tijdelijke verstoring van de benthische fauna en vissen. Er is onzekerheid over de grootte van de impact van geluid en trillingen op het mariene leven. De creatie van harde substraten zal leiden tot een verhoogde en veranderde biodiversiteit. Waarschijnlijk zullen verstoringgevoelige soorten en zeezoogdieren het gebied tijdelijk verlaten. Er worden geen effecten verwacht voor de andere gebruikers binnen het BDNZ.</p>	
Exploitatiefase	
Bodem	<ul style="list-style-type: none"> lokale erosie wordt tegengegaan door het gebruik van erosiebescherming bij monopile en gravitaire funderingen (minder relevant voor jacket); potentiële secundaire erosie langsheen de rand van de erosiebescherming
Water	<ul style="list-style-type: none"> verwaarloosbare verandering in de hydrodynamica in de directe omgeving van de individuele palen
Klimaat	<ul style="list-style-type: none"> een afname in de windsnelheid en een verhoging van de turbulentie aan de lijzijde van de windturbines over een afstand tot ca. 4 km; zeer lokaal effecten in en rond het windpark
Atmosfeer	<ul style="list-style-type: none"> 3,71 (800 GWh) tot 6,95 (1.500 GWh) % vermeden emissies van broeikasgassen in vergelijking met klassieke centrales; de vermeden CO₂-emissies bedragen 0,44 tot 0,82 % van de Kyoto-reductiedoelstelling (significant positief effect); de vermeden SO₂- en NO_x-emissies bedragen 0,58 tot 1,08 % en 0,33 tot 0,62 % van het NEC-emissieplafond (significant positief effect)
Geluid	<ul style="list-style-type: none"> impact op onderwatergeluid en trillingen is waarschijnlijk beperkt tot lokale verstoring (< 500 m veiligheidszone rond concessie) het bovenwatergeluid zal verhoogd zijn tot 45 dB(A), afhankelijk van het type (range 3 MW - 10 MW) en het aantal turbines, tot op een afstand van ongeveer 0,5 (conf. 1) tot 0,8 km (conf. 2) of m.a.w. binnen de veiligheidszone van 500 m waarneembaar tot 50 dB(A) (vergelijkbaar met geluid licht autoverkeer, regen), ongeacht configuratiealternatief; het geluid zou hoorbaar kunnen zijn tot op een afstand van maximaal 5 km
Fauna	<ul style="list-style-type: none"> voor de meeste soorten zullen (nagenoeg) geen effecten optreden er wordt een licht positieve invloed verwacht op het visbestand en benthische leven ten gevolge van het sluiten van het gebied voor boomkorvisserij, scheepvaart en zandextractie ten aanzien van onderwatergeluid en trillingen is onvoldoende informatie beschikbaar verstoring- en aanvaringsgevoelige vogelsoorten (grote meeuwen, Jan-Van-Gent, Grote jager) kunnen hinder (aanvaring, verstoring) ondervinden tijdens de exploitatiefase; momenteel als gering tot matig negatief ingeschat, maar verder radaronderzoek moet dit bevestigen zeezoogdieren kunnen gering negatieve effecten ondervinden door de fysische aanwezigheid van het windpark, door onderhoudswerken en veranderingen in voedselbeschikbaarheid; het negatief effect van geluid en trillingen geproduceerd door het operationeel windpark is tot op heden moeilijk in te schatten (leemte in de kennis)

Zeezicht	<ul style="list-style-type: none"> bij helder weer en goed zicht zal het North Sea Power windpark (of ten minste een gedeelte ervan) waarneembaar zijn vanaf het strand van verscheidene kuststeden; de zichtbaarheid van het windpark zal het meest uitgesproken bij keuze van grotere turbines (conf. 3) rekening houdende met het gegeven dat de Belgische kust op zich reeds een drukke, 'verstorende' toeristische omgeving is (versus onverstoorde, onbebouwde kustvlaktes) en optimale zichtbaarheid (specifieke weersomstandigheden) slechts beperkt voortkomt, wordt het zeezicht als aanvaardbaar beschouwd, ongeacht het configuratiealternatief
Mens	<ul style="list-style-type: none"> ondanks het beperkte verlies aan visserijgronden (1,5 % (North Sea Power windpark op zich) tot 3 % (basisscenario)) door de aanleg van het windpark, wordt een positief effect verwacht op de traditionele visserij in de nabije omgeving door een indirect stijging van de visserijvangsten door het afsluiten van een gebied voor boomkorvisserij; het biedt ook mogelijkheden voor alternatieve vormen van visserij er worden geen effecten verwacht op andere gebruikers van het BDNZ mits het respecteren van de vereiste veiligheidszones en een goede communicatie met betrokken partijen
Veiligheid	<ul style="list-style-type: none"> zie cumulatief

Tijdens de exploitatiefase treden eveneens een aantal effecten op. Potentiële erosie t.h.v. de turbines wordt tegengaan door het a priori aanleggen en monitoren van een erosiebescherming bij gebruik van een monopile of gravitaire fundering. Studie door Norther heeft uitgewezen dat dit voor de jacket fundering minder relevant is. De kans op verontreiniging van water en bodem is verwaarloosbaar. Tijdens de exploitatie van dit windpark worden tot 6 % emissies vermeden van broeikasgassen in vergelijking met klassieke centrales (significant positief effect). Het windpark zal bij goede optische omstandigheden waarneembaar zijn vanuit verschillende kuststeden, en het meest uitgesproken voor de grotere turbines (conf. 3). Door het functioneren van de turbines wordt er ook in de onmiddellijk omgeving van de turbines een verhoogd onderwatergeluid verwacht. Boven water zal er ook een verhoogd geluid zijn, wat maximaal hoorbaar kan zijn tot op 5 km.

Voor de meeste fauna-soorten zullen (nagenoeg) geen effecten optreden. Verstorings- en aanvaringsgevoelige vogelsoorten kunnen een gering tot matig negatief effect (aanvaring, verstoring) ondervinden tijdens de exploitatiefase. Verder radaronderzoek is echter wenselijk om deze voorlopige inschattingen te bevestigen. Aanwezigheid en gedrag van zeezoogdieren kan beïnvloed worden door trillingen, geluid, onderhoudswerken en veranderingen in voedselbronnen tijdens de exploitatiefase. Het effect op de zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase wordt als gering negatief beoordeeld. Er wordt een indirect positief effect (verhoogde visvangst) verwacht op de traditionele visserij in de nabije omgeving, door het afsluiten van de windparkzone voor boomkorvisserij.

Ontmantelingsfase

Algemeen mag worden gesteld dat de effecten van de ontmantelingfase gelijkaardig zullen zijn aan die van de constructiefase, maar dat de intensiteit van voorkomen veel lager zal zijn. Geluidsverstoring zal blijven voorkomen, doch zal beperkt blijven tot de geluiden geproduceerd door de betrokken scheepvaart en de ontmantelingsactiviteiten (afsnijden van turbines tot 2 m onder de zeebodem; weghalen gravitaire fundering).

De significante geluidsverstoring ten gevolge van het heien (monopile/ jacket fundering) tijdens de constructiefase is tijdens de ontmantelingsfase dus niet meer aanwezig. Ook het biotoopverlies en het daarmee gepaard gaande verlies aan organismen blijft beperkt tot de oppervlaktes die effectief verstoord worden tijdens de ontmantelingsfase (geen indirect biotoopverlies meer ten gevolge van stockage (gravitaire fundering/ statische monopiles). De effecten variëren van (vrijwel) geen effect (0) tot een gering negatief effect (0/-), afhankelijk van het beschouwde alternatief.	
Bekabeling	
Bodem	<ul style="list-style-type: none"> • een tijdelijke verstoring van de bodemstructuur en vrij geringe kans op bloot komen te liggen van kabel (monitoring)
Water	<ul style="list-style-type: none"> • een zeer lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit door het kabelleggen
Klimaat	<ul style="list-style-type: none"> • optreden van een lokale temperatuursgradiënt in de bodem rondom de kabel, die geen effect heeft op lokale klimaat
Geluid	<ul style="list-style-type: none"> • een tijdelijke verhoging van het geluid boven en onder water tijdens kabelleggen (kabellegschip)
Fauna	<ul style="list-style-type: none"> • een lokale, tijdelijke verstoring van het biotoop (benthos) door bekabeling • een mogelijk gelokaliseerde verstoring van gedrag van kraakbeenvissen o.i.v. elektromagnetische velden; grootte impact momenteel nog niet voldoende duidelijk • tijdelijke verstoring van avifauna en zeezoogdieren als gevolg van de aanwezigheid van kabellegschepen, omwoeling van het sediment. De aanwezigheid van de kabels en het opgewekte elektromagnetische veld zal waarschijnlijk geen rechtstreeks effect hebben op de zeezoogdieren tijdens de exploitatiefase; het effect van bekabeling wordt als (vrijwel) geen tot gering negatief ingeschat
Erfgoed	<ul style="list-style-type: none"> • langsheen beide alternatieve exportkabeltracés liggen meerdere (gekende) wrakken; op basis van de resultaten van een screening van de zeebodem zal het kabeltracé indien nodig gewijzigd worden zodat het effect op het maritiem beschermd erfgoed tot een minimum (0) beperkt blijft
Mens	<ul style="list-style-type: none"> • er wordt een gering negatief effect verwacht voor de aanleg van beide alternatieve exportkabeltracés voor de speciale beschermingszone SBZ-V3 (Zeebrugge) en voor de visserij (tijdelijke hinder) • er worden geen effecten verwacht voor de andere gebruikers
Veiligheid	<ul style="list-style-type: none"> • zie cumulatief
De voornaamste invloed van het kabelleggen is de lokale verstoring van de bodem en de daarin levende organismen. Deze invloed zal beperkt zijn tot de onmiddellijke omgeving rond het kabeltracé en na een tijd verdwenen zijn (gering negatief effect). De invloed van de elektromagnetische straling en de lokale opwarming van de zeebodem (door de warmteontwikkeling in de elektrische kabels) op benthos, vissen en zeezoogdieren tijdens de exploitatie van het windpark is onzeker, maar beperkt tot de nabije omgeving.	
Grensoverschrijdende effecten	
Geluid	<ul style="list-style-type: none"> • gezien de grotere afstand (ca. 25 km) wordt er geen geluidseffect op het vaste land in

	<p>Nederland verwacht</p> <ul style="list-style-type: none"> doordat de grens van de Nederlandse wateren zich op minder dan 1 km van het geplande windpark bevindt, kan er boven water aan de grens een specifiek geluid van ongeveer 50 dB(A) verwacht worden
Zeezicht	<ul style="list-style-type: none"> ter hoogte van de kuststeden die dicht bij de grens met België gelegen zijn, zal het mogelijk zijn om het North Sea Power windpark vanaf de dijk of het strand waar te nemen; het zicht vanaf de kust zal het meest vergelijkbaar zijn met de situatie zoals in Knokke (simulaties vanuit fotolocatie A) (zie 'Zeezicht')
Veiligheid	<ul style="list-style-type: none"> vergeleken met de huidige situatie waarin windparken Belwind, Eldepasco en C-Power worden verondersteld aanwezig te zijn, zorgt de aanwezigheid van windpark North Sea Power niet voor veranderingen van verkeersstromen rond de windparken; er worden dan ook geen effecten verwacht van veranderende verkeersstromen op de veiligheid, de economische kosten en de extra CO₂ uitstoot door omvaren de kans op aanvaring door routegebonden schepen, en dus ook de potentiële hinder voor doorgaand verkeer naar Nederland, is voor het North Sea Power windpark relatief hoog in vergelijking met de andere parken in de omgeving. De totale aanvaar- en aandrijfkans van het North Sea Power windpark varieert van 32,7 % tot 38,6 % van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windparken in de scenario's; het bijkomend risico voor olieverontreiniging wordt echter nog steeds als aanvaardbaar ingeschat; slechts geringe kans op effecten avifauna in de Voordelta
Andere gebruikers	<ul style="list-style-type: none"> de dichtst bijgelegen windparken gesitueerd op het Nederlands grondgebied liggen op ruime afstand (ca. 50 km) van de Belgische grens; er worden dan ook geen cumulatieve grensoverschrijdende effecten verwacht ten gevolge van windenergie initiatieven

Gezien de positie en afstand van de inplanting ten opzichte van de buurland kunnen enkel beperkte effecten verwacht worden naar Nederland toe. Van de beschouwde disciplines zijn enkel de disciplines geluid, zeezicht en veiligheid relevant in het kader van grensoverschrijdende effecten. Gezien de afstand tot de Nederlandse kust worden de effecten als aanvaardbaar beschouwd.

Cumulatieve effecten

Discipline	Effect
Bodem	<ul style="list-style-type: none"> In totaliteit zal voor de vier vergunde parken ca. 3,6 miljoen m³ zand gestockeerd worden ten gevolge van de benodigde uitgraving, indien gekozen wordt voor de gravitaire fundering voor het North Sea Power windpark. Het cumulatieve effect zal kleiner zijn dan de som van de effecten. De impact op de morfodynamiek van het BDNZ door de aanleg van de kabels is gering. Een gezamenlijke installatie van kabels (dichtbij elkaar gelegen trajecten) betekent een geringere impact dan indien elk van de drie projecten verschillende trajecten hanteert. De lokale erosie door de constructies wordt voor de vier windparken tegengegaan door het a priori aanleggen van een erosiebescherming (met uitzondering van de jacket fundering voor het Norther windpark). Bij de keuze voor monopiles (of multipode-jacket structuren) kan besloten worden dat de erosiebescherming in alle gevallen voldoende groot is. Bij de keuze voor gravitaire funderingen is er enige onzekerheid wegens gebrek aan wetenschappelijk onderzoek en praktijkervaring en

	<p>nemen de initiatiefnemers daarom een nog grotere veiligheidsmarge bij de afmetingen van de erosiebescherming. Het cumulatieve effect is zeker kleiner dan de som van de individuele effecten. Indien er toch lokale erosie optreedt, kan dit effect vrij eenvoudig weggevoerd worden door herstellen en bijkomend storten van erosiebescherming.</p> <ul style="list-style-type: none"> Indien de erosiebescherming verwijderd wordt, zal er in essentie een put ontstaan ter hoogte van elke fundering. Het herstel van de funderingsputten is op basis van de huidige kennis niet in te schatten in ruimte en tijd. Het cumulatieve effect zal niet groter zijn dan de som van de individuele effecten.
Water	<ul style="list-style-type: none"> De constructie van de fundering zal, voor elke uitvoeringswijze en type fundering maar groter voor de gravitaire fundering, een lokale en tijdelijke verhoging van de turbiditeit veroorzaken met, in vergelijking met turbiditeitsconcentraties die van nature optreden tijdens stormen, een verwaarloosbaar effect. Het cumulatieve effect is de som van de individuele effecten. De impact van de aanleg van de parkkabels en de exportkabels naar land is zeer tijdelijk en lokaal. Een gezamenlijke en dus gelijktijdige installatie van kabels (zelfde trajecten) zou een geringere impact(zone) betekenen dan indien elk van beide projecten verschillende trajecten hanteert of kabels legt langs hetzelfde traject maar op een ander tijdstip.
Klimaat & atmosfeer	<ul style="list-style-type: none"> Een belangrijk effect tijdens de exploitatiefase zijn de vermeden emissies op het land als gevolg van het feit dat de netto elektriciteitsproductie van de windparken niet door middel van klassieke, al dan niet in combinatie met nucleaire, productie dient te worden opgewekt. De vermeden emissies van elk windpark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO₂, NO_x en CO₂. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van de individuele bijdragen (significant positief effect), met name 3 % voor SO₂, 1,8 % voor NO_x en 2,4 % voor CO₂.
Geluid & trillingen	<ul style="list-style-type: none"> Tijdens de constructiefase brengt het heien van de funderingspalen een impulsgeluid (niet continue) voort. Deze heiactiviteiten komen slechts tijdelijk voor. Bijgevolg zal het cumulatieve effect niet groter zijn dan de som van de effecten per windpark (de kans dat de puls van het heien van de 3 windparken samenvalt is namelijk zeer klein). Tijdens de exploitatie blijft het onderwatergeluid van de windturbines beperkt tot het gebied tussen de turbines en overschrijdt de veiligheidsgrens van 500 m rond het windpark niet; het cumulatieve effect is bijgevolg gelijk aan de som van de individuele effecten. Enkel tussen het Belwind en het Norther windpark ter hoogte van het Eldepasco en het C-Power windpark zal het geluidsniveau iets hoger zijn bij de cumulatieve werking van de 4 windparken samen (> S). Daar er slechts een gering negatief effect verwacht wordt van de individuele effecten (van de afzonderlijke windparken) zal er ook slechts een beperkt effect aanwezig zijn van het geluid boven water afkomstig van de 4 windparken.
Fauna & flora	<ul style="list-style-type: none"> Voor de meeste effecten op benthos en vissen (biotoopverlies/ verstoring, verlies organismen, introductie hard substraat, geluid) geldt dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijke effecten per windpark. Deze zijn bovendien vaak recht evenredig met het ruimtebeslag. De totale oppervlakte van de vier parken samen (inclusief veiligheidszones) blijft relatief klein tov het BDNZ (4,6 %). Gezien de meeste effecten zich slechts voordoen op een beperkt deel van de domeinconcessies

	<p>(gravitaire > monopile/multipode/jacket) kan algemeen besloten worden dat de effecten aanvaardbaar zullen zijn.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Er heerst nog een grote onzekerheid omtrent de grootte van het cumulatieve effect van geluidsverstoring onder water en elektromagnetische straling ten gevolge van de bekabeling. Verder onderzoek is aangewezen. • Met betrekking tot vogels kan verwacht worden dat de aanwezigheid van een groot aantal windparken in een relatief kleine zone een licht verhoogde mortaliteit van zeevogels op populatieniveau tot gevolg kan hebben. Ook al vallen er waarschijnlijk relatief gezien weinig aanvaringsslachtoffers, dit kan op lange termijn toch een significant effect hebben op de populatie van bepaalde soorten. De aanwezigheid van de windparken kan voor verstoringgevoelige zeevogelsoorten bovendien een verlies van habitat betekenen. Dit is voornamelijk het geval tijdens de winterperiode, waarbij grote aantallen zeevogels zich op het BDNZ concentreren vooraleer ze naar hun broedgebieden trekken. De aanwezigheid van de windparken kan tevens een vermindering van foerageergebied betekenen voor bepaalde verstoringgevoelige vogelsoorten, of een barrière-effect teweeg brengen dat vooral van belang is ten aanzien van de migrerende vogels. Deze cumulatieve effecten kunnen echter op basis van de huidige gegevens niet eenduidig ingeschat worden. Bijkomend onderzoek is noodzakelijk. • Voor zeezoogdieren wordt verwacht dat de meeste cumulatieve effecten (verstoring, geluid, fysieke aanwezigheid windpark, wijziging in voedselbeschikbaarheid...) de som van de afzonderlijke effecten zullen zijn. Er zijn echter veel leemten in de kennis.
Mens	<ul style="list-style-type: none"> • De vier windparken zouden potentieel een bijkomend verlies voor de traditionele visserij betekenen van ongeveer 5 % indien een veiligheidszone van 500 m rond de concessiegebieden in rekening wordt gebracht; ten opzichte van het bevestigde gebied van de Noordzee gaat ongeveer 0,1 % verloren (aanvaardbaar). • Voor visserij en maricultuur kan de bouw en exploitatie van de verschillende windparken indirect ook positieve gevolgen hebben daar zij de vispopulatie ten goede komen (sluiting gebieden voor boomkorvisserij, scheepvaart, ...) én dus ook de visserij in de nabije omgeving, of de mogelijkheid bieden tot het ontwikkelen van alternatieve vormen van visserij. • Gezien de aanleg van het North Sea Power windpark zal gebeuren volgens de geldende richtlijnen, worden er geen negatieve cumulatieve effecten verwacht voor de andere gebruikers van de Noordzee.
Zeezicht en archeologisch erfgoed	<ul style="list-style-type: none"> • De verstoring tijdens de overlappende bouwfases van de vier windparken zal verminderen in duurtijd, maar wel een verhoogde intensiteit van verstoring met zich meebrengen. • Voor het cumulatief effect van de aanwezigheid van de diverse windparken op het zeezicht zijn de dichtst bijgelegen windparken (North Sea Power en C-Power) van belang gezien deze het zeezicht vanaf de kust bepalen. • Door de combinatie van meerdere windparken zal een zekere 'verdichting' van de zone in het gezichtsveld optreden, waarbij het met het stijgende aantal windturbines in de gehele windparkzone steeds moeilijker zal worden om afzonderlijke windturbines te onderscheiden (egaler beeld versus drukker beeld). • Doordat de verscheidene windparken gefaseerd gebouwd worden, is het mogelijk dat een langzame gewenning zal optreden aan het wijzigende zeelandschap. • Concentratie van de verscheidene windparken in één juridisch afgebakende zone

	<p>beperkt de omvang van het impactgebied zo veel mogelijk, en bovendien kan een hogere energieproductie verkregen worden met slechts een beperkte toename aan zichtverstoring.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tenslotte moet een afweging van het effect geplaatst worden in het ruimere energie kader, hierbij rekening houdende met de nadelige effecten van de klassieke energieproductie (bv. nucleaire afvalproblematiek kerncentrales). Het cumulatieve effect wordt dan ook als aanvaardbaar ingeschat. • Het cumulatief effect op het cultureel erfgoed is verwaarloosbaar.
Veiligheid	<ul style="list-style-type: none"> • Een zeer klein en aanvaardbaar risico van milieuvervuiling door de aanwezige oliën en vetten bij het omvallen van de turbine en bij een complete structurele falen van het transformatorplatform • Vergeleken met de huidige situatie waarin windparken Belwind, Eldepasco en C-Power worden verondersteld aanwezig te zijn, zorgt de aanwezigheid van windpark North Sea Power echter niet voor veranderingen van verkeersstromen rond de windparken. • De windturbines aan de zuidoostelijke rand van het North Sea Power windpark hebben een relatief hoge aanvaarkans vergeleken met de overige turbines (dichtst bij de route van en naar Maas West). Verschillen in de kans op aanvaringen/aandrijvingen worden voornamelijk bepaald door de configuratie; de keuze van de fundering heeft een duidelijk effect, maar het aantal turbines is het meest bepalend. • Het al dan niet aanwezig zijn van windparken RENTEL en SEASTAR heeft voor het North Sea Power windpark nauwelijks effect. • De kans op aanvaring door routegebonden schepen wordt voor het North Sea Power windpark in het cumulatief scenario geschat op eens om de 12 (conf. 1; MP) tot eens om de 11 (conf. 2; JF) jaar, en is relatief hoog in vergelijking met de andere parken in de omgeving, met uitzondering van het Belwind park die vergelijkbare aanvaringskansen vertoont. De totale aanvaar- en aandrijfkans van het North Sea Power windpark varieert van 32,4 % tot 38,7 % van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windparken in de scenario's. • De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein. • De uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een turbine van het North Sea Power windpark (conf. 1) bedraagt maximaal 8,3 % van de uitstroom op de Belgische Noordzee zonder windparken. Afhankelijk van de beschouwde cumulatieve variant bedraagt het aandeel van het North Sea Power windpark 15 % à 20 % van de totale uitstroom (alle beschouwde windparken). • De gemodelleerde uitstroom van olie is een 'worst case' benadering. Doordat het percentage tankers met een dubbele huid toeneemt, zal de kans op een uitstroom van olie na een aandrijving met een windturbine afnemen. • Op basis van extrapolaties van bestaande modelstudies (Kleissen, 2003; Boot, 2003) blijkt dat de eerste oliedeeltjes afkomstig bij een aanvaring met het North Sea Power windpark (op ca. 20 km afstand van de kust) na ongeveer 11 uur (bij 3 % wind frictie) op de Belgische kust aanspoelen. Bij een hogere windfrictie (5 % wind frictie) zullen de eerste oliedeeltjes aanspoelen na ongeveer 7 uur. Er is dus een relatief korte tijd om tussenbeide te komen in het geval van een olielozing. • Vooral de avifauna, en mogelijks ook zeezoogdieren, zullen de belangrijkste kortetermijneffecten ondervinden door olieverontreiniging. Voor het worst-case

	<p>scenario (windsnelheid 17 m/s; impactgebied van 47 km² kust) verwacht het model tussen de 300 en 400 dode vogels. De gemodelleerde verliezen aan strandvogels blijven verwaarloosbaar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Er wordt in principe geen significant negatieve invloed verwacht op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer.
<p>Bij de cumulatieve effecten (gezamenlijke effecten van de vier windparken) worden enkel de effecten verder besproken die niet verwaarloosbaar zijn voor een enkel windpark. Voor deze niet-verwaarloosbare effecten zal het cumulatieve effect meestal gelijk of kleiner zijn dan de som van de individuele effecten. Indien gekozen wordt voor de gravitaire fundering bij het North Sea Power windpark (andere windparken opteren voor monopile en/of jacket), zal in totaliteit voor de 4 windparken samen bijna 3,6 miljoen m³ zand gestockeerd worden in de respectievelijke concessiegebieden ten gevolge van de benodigde uitgraving. Het cumulatieve milieueffect ten gevolge van de stockage van zand zal door de fasering kleiner zijn dan de som van de effecten. De vermeden emissies van elk windpark op zich leveren al een belangrijke bedrage tot de voor België vooropgestelde reductiedoelstellingen voor SO₂, NO_x en CO₂. De cumulatieve bijdrage is uiteraard nog groter en komt overeen met de som van de individuele bijdragen. Tijdens de exploitatie blijft het onderwatergeluid van de windturbines beperkt tot de veiligheidszone; het cumulatieve effect is bijgevolg gelijk aan de som van de individuele effecten. Voor de meeste effecten op benthos en vissen geldt dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijk effecten - vaak recht evenredig met het ruimtebeslag dat in totaliteit relatief klein blijft t.o.v. het BDNZ- per windpark. Voor vogels en zeezoogdieren geldt eveneens dat het cumulatieve effect de som is van de afzonderlijke effecten. Enkel naar inname van habitat voor rustende en foeragerende vogels door de uitstralende werking van elk windpark treedt er een cumulatief effect op dat groter is dan de som van de effecten per windpark. Hier wordt het cumulatieve effect op de verstoring van Alk, Zeekoet en Jan van Gent als matig negatief beoordeeld. Er worden geen noemenswaardige negatieve cumulatieve effecten verwacht voor de verschillende gebruikers van de Noordzee.</p> <p>De kans op aanvaring door routegebonden schepen wordt voor het North Sea Power windpark geschat op eens om de 13 (conf. 1; MP) tot eens om de 11 (conf. 2; JF) jaar ongeacht het beschouwde cumulatief scenario, en is relatief hoog in vergelijking met de andere parken in de omgeving met uitzondering van het Belwind windpark die vergelijkbare aanvaringskansen vertoont. De totale aanvaar- en aandrijfkans van het North Sea Power windpark varieert van 32,4 % tot 38,7 % van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windparken in de scenario's. De aanvaarkans is het grootst voor de windturbines aan de zuidoostelijke rand van het North Sea Power windpark (dichtst bij de route van en naar Maas West). Op zich een significant negatief effect, maar gezien er recent een aanpassing is gebeurd van de wettelijke windconcessiezone (KB 17/05/2004, gewijzigd bij 03/02/2011) in samenspraak met Scheepvaartbegeleiding en andere bevoegde instanties net omwille van de Westpit scheepvaartroute en de veiligheid van schepen, mag verondersteld worden dat er voldoende marge werd ingebouwd en worden huidige resultaten als een berekend 'aanvaardbaar' risico beschouwd.</p> <p>Er wordt in principe geen significant negatieve invloed verwacht van de aanwezigheid en exploitatie van de windparken op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer.</p>	

8 REFERENTIES

- 3E (2001). Offshore windpark op de Wenduinebank. Opbrengstberekening a.h.v. meteostations Westhinder, Wandelaar, Droogte van 't Schoonveld, Vlake van de Raan en Cadzand, Studiedeel 7.
- Andrulewicz, E., Napierska, D. & Otremba, Z. (2003). The environmental effects of the installation and functioning of the submarine SwePol Link HVDC transmission line: a case study of the Polish Marine Area of the Baltic Sea. *Journal of Sea Research* 49 (2003) 337-345.
- Anonymous (2003). Project Zandwinning - Eindrapport - Labo voor Analytische en Milieuchemie, VUB - in opdracht van FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie, Bestuur voor Kwaliteit en Veiligheid. 44 pp. + Bijlagen.
- ARCADIS Belgium (2007). Milieueffectenrapport voor een Offshore windturbinepark op de Bligh Bank. Uitgevoerd in opdracht van Belwind. 291 p. + app. + figuren.
- ARCADIS Belgium (2008). Milieueffectenrapport voor een Offshore windturbinepark op de Bank Zonder Naam. Uitgevoerd in opdracht van Eldepasco. 302 p. + app. + figuren.
- Bach, S., Teilmann, J. & Henriksen, O.D. (2000). Environmental Impact Assessment (EIA) of offshore windfarms at Rødsand and Omø Stålgrunde, Denmark. A technical report on harbour porpoises.
- Bailey, H., Senior, B., Simmons, D., Rusin, J., Picken, G. & Thompson, P. (2010). Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore wind farm and its potential effects on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin* 60: 888-897.
- Bastin (1974). Regionale sedimentologie en morfologie van de zuidelijke Noordzee en van het Schelde estuarium. Unpublished PhD. Thesis, KUL, Gent. 91 pp.
- Bergman, M.J.N., G.C.A. Duineveld & M.S.S. Lavaleye (2005). Long term closure of an area to fisheries at the Frisian Front (SE North Sea): effects on the bottom fauna. NIOZ-Rapport 2005-6.
- Berne, S., Trentesaux, A., Stolk, A., Missiaen, T. & De Batist, M. (1994). Architecture and long term evolution of a tidal sandbank : the Middelkerke Bank (Southern North Sea). *Marine Geology*, 121,57-72.
- BERR – Department for Business Enterprise & Regulatory Reform in association with Defra (2008). Review of cabling techniques and environmental effects applicable to the offshore wind farm industry. Technical report.
- Bio/consult A/S (2004). Infauna Monitoring Horns Reef Wind Farm 2004. Data report no. 1 September 2004. Commissioned by Elsam Engineering A/S.
- Bio/consult A/S (2005). Hard Bottom Substrate Monitoring - Horns Rev Offshore Wind Farm. Annual Status Report 2004. Commissioned by Elsam Engineering A/S.
- Bjork, E.A. (1999). Divergence of boat noise above water level in a downwind direction.
- BMM (2004). Bouw en exploitatie van een windturbinepark op de Thorntonbank in de Noordzee: Milieueffectenbeoordeling van het project ingediend door de n.v. C-Power. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model van de Noordzee, Afdeling Beheer van het Mariene Ecosysteem (BMM), Brussel. 170 pp.
- BMM (2005a). Overzicht accidenten sinds 1990.
- BMM (2005b). Productie van tweekleppige weekdieren door middel van hangstructuren in 4 bepaalde zones in de zeegebieden onder rechtsbevoegdheid van België. Milieueffectenbeoordeling van het project ingediend door de AG Haven Oostende. 33 pp.
- BMM (2006a). Bouw en exploitatie van een windturbinepark op de Thorntonbank in de Noordzee. Milieueffectenbeoordeling van de aanvraag ingediend door de NV C-Power tot wijziging van de vergunning en machtiging voor het bouwen, inclusief de aanleg van kabels, en het exploiteren van een min 216 – max 300 MW farshore windenergiepark op de Thorntonbank. 43 p.

- BMM (2006b). Numerieke modellering van het sedimenttransport ter hoogte van de Thorntonbank. Voorbereid in het kader van de monitoring van de milieueffecten van de installatie van een windturbinepark ter hoogte van de Thorntonbank door C-Power. 22 p.
- BMM (2007a). Uittreksel van hydrodynamische modelleringsresultaten (frequentiedistributie van stroomsnelheden op verschillende plaatsen op het BDNZ).
- BMM (2007b). Databank BMDC, on-line consulteerbaar via de website van de BMM, geconsulteerd in december 2010.
- Bochert, R. & Zettler, M.L. (2004). Long-term exposure of several marine benthic animals to static magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 25: 498-502.
- Boehlert, G.W. & Gill, A. (2010). Environmental and ecological effects of ocean renewable energy development. A current synthesis. *Oceanography* Vol. 23. No. 2: 68-75.
- den Boon, J.H., Sutherland, J., Whitehouse, R., Soulsby, R., Stam, C.J.M., Verhoeven, K., Høgedal, M. & Hald, T. (2004). Scour behaviour and scour protection for monopile foundations of offshore wind turbines. European Wind Energy Conference & Exhibition, 22-25 november 2004, London, 14 pp.
- Boon, A.R., ter Hofstede, R., Klok, C., Leopold, M., Blacquiere, G., Poot, M.J.M., Kastelein, R.A., Camphuysen, C.J. (2010). Monitoring and researching ecological effects of Dutch offshore wind farms Masterplan. Deltares. 157 pp.
- Boot, G. (2003). Oliedispersie studie ter hoogte van het C-Power windturbinepark op het Thorntonbank: Aanvullende scenario's. WL Delft Hydraulics. 11 pp.
- Bos, O.G., M.F. Leopold, L.J. Bolle (2009). Passende Beoordeling windparken: Effecten van heien op vislarven, vogels en zeezoogdieren. Rapport C079/09, 68 pp.
- Bouma, S. & Lengkeek, W. (2009). Development of underwater flora- and fauna communities on hard substrates of the offshore wind farm Egmond aan Zee. Bureau Waardenburg report. 49 pp.
- Brabant, R. & Jacques, T.G. (2009). Research strategy and equipment for studying flying birds in wind farms in the Belgian part of the North Sea. pp. 223-235 in *Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.*
- Brabant, R. & Jacques, T.G. (2010). Offshore wind energy development in the Belgian part of the North Sea & anticipated impacts. pp. 9-18 in *Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.*
- Brandt, M. J., Diederichs, A. & Nehls, G. (2009). Harbour porpoise responses to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. Final report to DONG Energy. Husum, Germany, BioConsult SH.
- Brasseur, S., Reijnders, P., Meesters, E., Aarts, G. & Cremer, J. (2008). Harbour seals, *Phoca vitulina*, in relation to the wind farm site OWEZ, in the Netherlands – Interim rapport. Beschikbaar op www.noordzeewind.nl. 25 pp.
- Brey, T. (2001). Population dynamics in benthic invertebrates. A virtual handbook. Version 01.2. <http://www.awibremmerhaven.de/Benthic/Ecosystem/FoodWeb/Handbook/main.html>; Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Germany.
- Calewaert, J.-B., Lescrauwaet, A.-K., Mees, J., Seys, J., Hostens, K., Redant, F., Moolaert, I., Raemaekers, M., Demaré, W., Vanhooreweder, B., Mergaert, K., Maes, F., Douvere, F., Belpaeme, K., Maelfait, H., Kyramarios, M., Tak, P., Overloop, S., Peeters, B. (2005). MIRA - Milieuraapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2005, Kust en zee. Vlaamse Milieumaatschappij, www.milieuraapport.be.
- Camphuysen, C.J. (2004). North Sea pilot project on ecological quality objectives. Issue 4. Seabirds ECOQO element (F): Proportion of oiled Common Guillemots among those found dead or dying on beaches. Report to the Biodiversity Committee (BDC) 2004.

- Camphuysen, C.J. & Leopold, M.F. (1993). The harbour porpoise *Phocoena phocoena* in the southern North Sea, particularly the Dutch sector. *Lutra* 36(1): 1-24.
- Camphuysen, C.J. (1994). The Harbour Porpoise *Phocoena phocoena* in the southern North Sea, II: a comeback in Dutch coastal waters? *Lutra* 37(1): 54-61.
- Carstensen, J., Henriksen, O.D. & Teilmann, J. (2005). Impacts of harbour porpoise from offshore wind farm construction: acoustic monitoring of echolocation activity using porpoise detectors (5-POSS), *Marine Ecology Progress Series*.
- Catrysse, J. (2011). Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark 'North Sea Power' in de zone 'WESTPIT' met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie. In opdracht van Norther nv. 67 pp.
- Cattijssse, A. & Vincx, M. (2001). Biodiversity of the benthos and avifauna of the Belgian coastal waters. Summary of data collected between 1970 and 1998. Federal Office for Scientific, Technical & Cultural Affairs, Brussels: 48 pp.
- Centre for Marine and Coastal Studies - CMACS (2003). A baseline assessment of electromagnetic fields generated by offshore wind farm cables. COWRIE Report EMF - 01-2002. 66 pp.
- Centre for Marine and Coastal Studies - CMACS (2004). Kentish Flats Offshore Wind Farm EMF Modelling and Interpretation for Electrosensitive Fish Species. Client: Kentish Flats Ltd. Ref. J3025/v1.1/08-04.
- Christensen, V., Guénette, S., Heymans, J.J., Walters, C.J., Watson, R., Zeller, D. and Pauly, D. (2002). Estimating Fish Abundance of the North Atlantic, 1950 – 1999. In Guénette, S., Christensen, V., Pauly, D. (eds) *Fisheries impacts on North Atlantic ecosystems: models and analyses*. Fisheries Centre Research Reports 9 (4).
- Christian, B., Brünner, H.V., Knudsen, F.R. (2005). Hydroacoustic Monitoring of Fish Communities in Offshore Wind Farms. Annual Report 2004. Horns Rev Offshore Wind Farm. 33 pp.
- Clarke, K.R. & Gorley, R.N. (2001). *PRIMER v5: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E: Plymouth. 91 pp.
- Coates, D. & Vincx, M. (2010). Monitoring the effects of offshore wind farms on the soft substratum macrobenthos: Year-1 Bligh Bank and Year-2 Thorntonbank. pp. 83-103 in *Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability*. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.
- Courtens, W., Stienen, E.W.M. & Vanermen, N. (2006). Zeevogels en zeezoogdieren van de Vlakte van de Raan, in: Coosen, J. *et al.* (Ed.) (2006). *Studiedag: De Vlakte van de Raan van onder het stof gehaald*, Oostende, 13 oktober 2006. VLIZ Special Publication, 35: pp. 59-72.
- CREG (2010). Jaarverslag 2009.
- Danish Hydraulic Institute - DHI (1999). Horns Rev Wind Power Plant: environmental impact assessment of hydrography.
- Dayton, P.K., Trush, S., Coleman, F.C. (2002). Ecological effects of fishing in marine ecosystems of the United States. Pew Oceans Commission, Arlington, Virginia.
- De Backer A, Moulart I, Hillewaert H, Vandendriessche S, Van Hoey G, Wittoeck J and Hostens K (2010) Monitoring the effects of sand extraction on the benthos of the Belgian Part of the North Sea. ILVO-report, pp. 117.
- De Batist, M. & Henriët, J.P. (1995). Seismic sequence stratigraphy of the Paleogene offshore of Belgium, Southern North Sea. *Journ. Geol. Soc. London*, 152 (1), 27-40.
- De Batist, M. (1989). Seismostratigrafie en structuur van het Paleogeen in de Zuidelijke Noordzee. Unpublished PhD. Thesis, RUG, Gent. 107 pp.
- De Haan, D., Burggraaf, D., Ybema, S. & Hille Ris Lambers, R. (2007). Underwater sound emissions and effects of the pile driving of the OWEZ windfarm facility near Egmond aan Zee (T construct). Beschikbaar op www.noorzeewind.nl. 75 pp.

- De Jong & Ainslie (2008). Underwater radiated noise due to the piling for the Q7 offshore Wind Park.
- De Jong, C. (2009). Wind op Zee: Effecten van onderwatergeluid? TNO. Presentatie van symposium Ecologie en Windenergie op zee, 23 juni 2009 te Rotterdam. 15 pp.
- De Maerschalck, M., Hostens, K., Wittoeck, J., Cooreman, K., Vincx, M., Degraer, S. (2006). Monitoring van de effecten van het Thornton windturbinepark op de benthische macro-invertebraten en de visfauna van zachte substraten: Referentietoestand. Studie uitgevoerd in opdracht van het KBIN en BMM. 81 pp.
- De Maeyer, P., Wartel, S. & De Moor, G. (1985). Internal structures of the Nieuwpoort Bank, Southern North Sea. *Netherlands Journal of Sea Research*, 19(1): 15-18.
- De Moor, G. & Lanckneus, J. (1991). Zand- en grindwinning op het Belgisch Continentaal Plat en monitoring van de eventuele gevolgen voor de bodemstabiliteit. In: Bolle, I., Brysse, I., Mostaert, F., Van Burm, Ph. en Zeuwts, L. (editors), *Oppervlaktedelfstoffen Problematiek in Vlaanderen*. Proceedings GGG, Gent: 188-214.
- Debacker, V., Coignoul, F., Das, K., Haelters, J., Holsbeek, L., Jacques, T., Jauniaux, T., Joris, C.R., Stienen, A.W.M., Tavernier, J., Van Waeyenberge, J. & Bouqueneau, J.-M. (2002). North Sea seabirds and marine mammals: pathology and ecotoxicology. Sustainable Management of the North Sea, Final Report of the MARIN group, 252 pp.
- Decloedt, S., De Poorter, J., Botteldooren, D. (1998). Vakgroep Informatietechnologie, Groep Akoestiek, RUG, 'Onderzoek naar het stiltekarakter van gebieden: Het Zwin', Gent, studie in opdracht van AMINAL.
- Degraer, S. & Brabant, R. (Eds.) (2009). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.
- Degraer, S., Brabant, R. & Partnership (2009a). Recommendations for a future monitoring of wind farms in Belgium's marine waters. pp. 275-279 in *Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.*
- Degraer, S., Braeckman, U., Haelters, J., Hostens, K., Jacques, T., Kerckhof, F., Merckx, B., Rabaut, M., Stienen, E., Van Hoey, G., Van Lancker, V. & Vincx, M. (2009b). Studie betreffende het opstellen van een lijst met potentiële Habitatrichtlijn gebieden in het Belgische deel van de Noordzee. Eindrapport in opdracht van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Directoraat-generaal Leefmilieu. Brussel, België. 93 pp.
- Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.
- Degraer, S., Courtens, W., Haelters, J., Hostens, K., Jacques, T., Kerckhof, F., Stienen, E. & Van Hoey, G. (2010b). Bepalen van instandhoudingsdoelstellingen voor de beschermde soorten en habitats in het Belgische deel van de Noordzee, in het bijzonder in beschermde mariene gebieden. Eindrapport in opdracht van de Federale Overheidsdienst Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, Directoraat-generaal Leefmilieu. Brussel, België. 132 pp.
- Degraer, S., Van Lancker, V., Moerkerke, G., Van Heoy, G., Vanstaen, K., Vincx, M. & Henriët, J.-P. (2003). Evaluation of the ecological value of the foreshore: habitat-model and macrobenthic side-scan sonar interpretation: extension along the Belgian Coastal Zone. Final report. Ministry of the Flemish Community, Environment and Infrastructure Department. Waterways and Marine Affairs Administration, Coastal Waterways. 63 p.
- Degraer, S., Wittoeck, J., Appeltans, W., Cooreman, K., Deprez, T., Hillewaert, H., Hostens, K., Mees, J. Vanden Berghe, W. & Vincx, M. (2006). De macrobenthos atlas van het Belgisch deel van de Noordzee. Federaal Wetenschapsbeleid D/2005/1191/5. 164 pp.

- Degraer, S., Willems, W., Adriaens, E. & Vincx, M. (2008). Habitat suitability modelling as a mapping tool for macrobenthic communities: an example from the Belgian part of the North Sea. *Cont. Shelf Res.* 28(3): 369-379.
- Degrendele, K., Roche, M. & Schotte, P. (2003). Kaartblad Thorntonbank 2003, Intern document van de FOD Economie, K.M.O., Middenstand & Energie, Algemene Directie Kwaliteit en Veiligheid, Fonds voor Zandwinningen.
- Dekker, W., Deerenberg, C., Daan, N., Storbeck, F. & Brinkman, A.G.. (2009). Marine Protected Areas and commercial fisheries: the existing fishery in potential protected areas, and a modelling study of the impact of marine protected areas on North Sea Plaice. IMARES Rapport number C066/09.
- Deleu, S. (2001). Zeebodemmobiliteitsstudie van de Hinderbanken regio. Scriptie voorgelegd voor het verkrijgen van het Diploma van licentiaat in de Geologie. Universiteit Gent.
- Depestele, J., Courtens, W., Degraer, S., Derous, S., Haelters, J., Hostens, K., Moulaert, I., Polet, H., Rabaut, M., Stienen, E. & Vincx, M. (2008). WAKO: Evaluatie van de milieu-impact van Warrelneten boomKOrvisserij op het Belgisch deel van de Noordzee: Eindrapport. ILVO-Visserij: Oostende, België. 185 pp. (+ Annexes).
- Derweduwen, J., Vandendriessche, S. & Hostens, K. (2010). Monitoring of the effects of the Thorntonbank and Bligh Bank wind farms on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: Thorntonbank: status during construction (T2), Bligh Bank: status during construction (T1). pp. 105-131 in *Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.*
- Derous, S., Verfaillie, E., Van Lancker, V., Courtens, W., Stienen, E.W.M., Hostens, K., Moulaert, I., Hillewaert, H., Mees, J., Deneudt, K., Deckers, P., Cuvelier, D., Vincx, M. & Degraer, S. (2007). A biological valuation map for the Belgian part of the North Sea: BWZee, Final report, Research in the framework of the BELSPO programme 'Global chance, ecosystems and biodiversity' – SPSP II, March 2007, pp. 99 (+ Annexes).
- Diederichs, A., Nehls, G., Dähne, M., Adler, S., Koschinski, S. & Verfuß U. (2008). Methodologies for measuring and assessing potential changes in marine mammal behaviour, abundance or distribution arising from the construction, operation and decommissioning of offshore windfarms. BioConsult SH report to COWRIE Ltd.
- Dienst Marien Milieu (2009). Stroomgebiedsbeheersplan voor de Belgische kustwateren ter implementatie van de Europese Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG). FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu. 129 pp.
- Dietz, R., Teilmann, J., Henriksen, O.D. (2000). EIA study of offshore wind farm at Rødsand. Technical report about seals. Miljø- og Energiministeriet, National Environmental Research Institute. 46 pp.
- DIFRES (2000). Effects of marine wind farms on the distribution of fish, shellfish and marine mammals in the Horns Rev area. Danish Institute for Fisheries Research, Departement of Marine Fisheries.
- Di Marcantonio, M. (2009). Seascape and socio economic study: preparatory year. pp.267-273 in *Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.*
- Di Marcantonio, M., Brabant, R., Haelters, J., Kerckhof, F., Schallier, R., Van den Eynde, D., Vigin, L. & Jacques, T.G. (2007). Milieueffectenbeoordeling van het Belwind offshore windmolenpark op de Bligh Bank. BMM, Koninklijk Belgisch Instituut voorn Natuurwetenschappen, Brussel. 182 pp.
- Di Marcantonio, M., Brabant, R., Haelters, J., Kerckhof, F., Van den Eynde, D., Vigin, L. & Jacques, T.G. (2009). Milieueffectenbeoordeling van het Eldepasco offshore windmolenpark op de Bank zonder Naam. BMM, Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel. 169 pp.
- DIN IEC 88/48/CDV (1996). Windenergieanlagen; Teil 10: Schallmeverfahren (IEC 88/48/CDV: 1995)

- DNV (2008). Technical report. Navigational Risk Assessment Eldepasco Wind Farm. October 2008.
- Dolman, S.J., Simmonds, M.P. & Keith, S. (2003). Marine wind farms and cetaceans. International Whaling Commission, doc. IWC/SC/55/E4. 17 pp.
- Dong energy, Vattenfall, Danish Energy Authority & Danish Forest and Nature Agency (2006). Danish offshore wind – key environmental issues. 142 p.
- Drewitt, A. & Langston, R.H.W. (2006). Assessing the impacts of wind farms on birds. British Ornithologists' Union, Ibis 148: 29 – 42.
- DTI (2005). Guidance on the assessment of the impact of offshore wind farms. Seascape and visual impact report. 127 pp.
- Du Four, I. (2004). Physical characterization of the Sierra Ventana region, in view of the rehabilitation of a dumping site of dredged material into a potential area for marine aggregate extraction. Thesis Marine and Lacustrine Sciences. 54 pp.
- E-connection (2007). MER Offshore windpark Rijnveld Oost. 365 p.
- Ecofys (2006). Achtergronddocument bij MER Offshore Windturbinepark Scheveningen Buiten. 135 p.
- Ecolas NV (2003). Milieueffectenrapport voor een Offshore windturbinepark op de Thorntonbank. Uitgevoerd in opdracht van C-Power. 241 p. + app.
- Ecolas NV (2004). Milieueffectenrapport voor een Offshore windturbinepark op de Thorntonbank. Aanvulling: gravitaire fundering. Uitgevoerd in opdracht van C-Power. 25 p. + app.
- Ecolas NV (2005). Actualisatie milieueffectenrapport voor een Offshore windturbinepark op de Thorntonbank. Uitgevoerd in opdracht van C-Power. 73 p.
- Ecolas NV (2006). Milieueffectenrapport voor de extractie van mariene aggregaten op het BDNZ. Uitgevoerd in opdracht van Zeegra vzw & AWZ afdelingen Kust en Maritieme Toegang. 194 p. + app.
- EDORA (2010). Hernieuwbare energie in België: 16 à 18 % haalbaar in 2020! Persbericht 11 februari 2010. Geraadpleegd op 27/08/2010, http://edora.org/doc/news_29/100211_CP_etude_repap_versionNL.pdf.
- Edrén, S.M.C., Teilmann, J., Carstensen, J., Harders, P., Dietz, R. (2005). Effects of Nysted Offshore Wind Farm on seals in Rødsand seal sanctuary - based on remote video monitoring and visual observations. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Denmark. 54 pp.
- Elsam Engineering & ENERGI E2 (2005). Review report 2004: The Danish Offshore Wind Farm Demonstration Project: Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms - Environmental impact assessment and monitoring. Denmark. 135 pp.
- ELSAMPROJEKT A/S (2000). Horns Rev Offshore Wind Farm - Environmental Impact Assessment.
- Essink, K. (1998). RIACON. Risk analysis of Coastal Nourishment Techniques. Final Evaluation Report. Report RIKZ-97.031. National Institute for Coastal and Marine Management/RIKZ, Haren, The Netherlands. 42 pp.
- Evans, P.G.H. (1998). Whales, dolphins and porpoises. Chapter 5.15. Pp. 150-156. In Coasts and Seas of the United Kingdom. Regions 15 & 16. North-west Scotland & Outer Hebrides. (Editors J.H. Barne, C.F. Robson, S.S. Kaznowska & J.P. Doody). Joint Nature Conservation Committee, Peterborough.
- Evans, P.G.H. (2003). Shipping as a possible source of disturbance to cetaceans in the ASCOBANS region. Document ASCOBANS MOP4/17/Rev.1, 91 pp.
- Everaert, J. & Stienen, E.W.M. (2006). Impact of wind turbines on birds in Zeebrugge (Belgium). Significant effect on breeding tern colony due to collisions. Biodiversity and Conservation, online publication DOI 10.1007/s10531-006-9082-1. The publication is available at www.springerlink.com.
- Fabi, G., Grati, F., Lucchetti & Trovarelli, L. (2002). Evolution of fish assemblage around a gas platform in the northern Adriatic Sea. ICES Journal of Marine Science, 59, Supp. 1, 309-315.
- Fettweis, M., Francken, F., Van den Eynde, D., Houziaux, J.-S., Vandenbergh, N., Fontaine, K., Deleu, S., Van Lancker, V., Van Rooij D. (2005). Mud Origin, Characterisation and Human Activities (MOCHA): Characteristics of cohesive sediments on the Belgian Continental Shelf. Scientific Report Year 1, Belgian Science Policy. 70 pp.

- Fidel *et al.* (1979). Prediction annoyance from detectability of low-level sound. J. Acoustic Society of America, 66(5), November 1979. p 1427-1434.
- FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu – DG Leefmilieu (2010). Federaal Milieuraapport 2004-2008. CMR Verslag van 16-11-2010 (2010A73760.021). 548 pp.
- Frid, C., Robinson, L.A., Bremner, J. (2002). Muddy Thinking: ecosystem based management of marine Benthos. Symposium on effects of fishing activities on Benthic habitats: Linking geology, biology, socioeconomics and management. November 2002 Tampa Florida USA.
- Garthe, S. & Hüppop, O. (2004). Scaling possible adverse effects of marine wind farms on seabirds: developing and applying a vulnerability index. Journal of Applied Ecology 41, 724-734.
- Germanischer Lloyd (2003). Offshore wind energy park Thorntonbank: Technical Risk analysis. 145 pp.
- Gill, A.B. & Taylor, H. (2001). The potential effects of electromagnetic fields generated by cabling between offshore wind turbines upon elasmobranch fishes, Countryside Council for Wales, Contract Science Report 488.
- Gill, A.B., Gloyne-Phillips, I., Neal, K.J. & Kimber, J.A. (2005). The potential effects of electromagnetic fields generated by sub-sea power cables associated with offshore wind farm developments on electrically and magnetically sensitive marine organisms – a review. Report commissioned by COWRIE. 128 p.
- Gill, A.B., Huang, Y., Gloyne-Philips, I., Metcalfe, J., Quayle, V., Spencer, J. & Wearmouth, V. (2009). COWRIE 2.0 Electromagnetic Fields (EMF) Phase 2: EMF-sensitive fish response to EM emissions from sub-sea electricity cables of the type used by the offshore renewable energy industry. 128 p.
- Grontmij (2006a). Offshore windpark Katwijk – Milieueffectrapport. Definitief. In opdracht van WEOM. 335 pp.
- Grontmij (2006b). Offshore windpark Katwijk – Milieueffectrapport. Deelrapport cumulatieve effecten. In opdracht van WEOM. 66 pp.
- Grontmij (2010). Studieopdracht – Monitoring van de effecten van far-shore windmolenparken op het landschap - deel socio-landschappelijk onderzoek. Referentie 258468_Eindrapport. Studie op opdracht van BMM. 149 pp.
- Grontmij (2008). Windpark ELNU – Toelichting visualisaties en zichtbaarheidskaarten. 9 pp.
- G-tec (2010). Offshore Wind Farm Seabed Survey – Norther. G-tec Marine Environment N.V. 48 pp.
- Gusbin, D. & Hoornaert, B. (2004). Energievooruitzichten voor België tegen 2030. Federaal Plan Bureau. 110 pp.
- Haelters, J. (2010). Contribution to CLIMAR – Marine Mammals. 7 pp.
- Haelters, J. (2009). Monitoring of marine mammals in the framework of the construction and exploitation of offshore wind farms in Belgian marine water. p. 237-266 in *Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.*
- Haelters, J. & Camphuysen, K.C.J. (2009). The harbour porpoise in the southern North Sea: Abundance, threats and research- & management proposals. Project financed by IFAW (International Fund for Animal Welfare). 58 pp.
- Haelters, J. & Jacques, T.G. (2006). De bescherming van walvisachtigen in Belgische wateren: bijkomende informatie gericht aan DG Leefmilieu van de federale Overheidsdienst volksgezondheid, veiligheid van de voedselketen en leefmilieu, m.b.t. de uitvoering door België van de Habitatrichtlijn Art. 11 en 12 voor wat betreft walvisachtigen. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Beheerseenheid Mathematisch Model Noordzee (BMM), Brussel. 14p.
- Haelters, J., Jacques, T.G., Kerckhof, F. & Degraer, S. (2010). Spatio-temporal patterns of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* in the Belgian part of the North Sea. pp. 153-163 in *Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural*

Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.

- Haelters, J., Jauniaux, T. & Van Gompel, J. (2000). Harbour porpoises on Belgian beaches from 1990 to 1999. ASCOBANS Advisory Committee Meeting, Bruges, Belgium, 13-16 March 2000, Document AC7/Doc.12(P). 5 pp.
- Haelters, J. & Kerckhof, F. (2000). Een dwaalgast aan onze kust: een klapmuts (*Cystophora cristata*, Erxleben 1777) op het strand te Heist. *De Strandvlo* 20(1): 23-27.
- Haelters, J., Norro A. & Jacques, T.G. (2009). Underwater noise emission during the phase I construction of the C-Power wind farm and baseline for the Belwind wind farm. pp. 17-37 in *Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring.*
- Haelters, J., Vigin, L., Stienen, E.W.M., Scory, S., Kuijken, E. & Jacques, T.G. (2004). Ornithologisch belang van de Belgische zeegebieden. Identificatie van mariene gebieden die in aanmerking komen als Speciale Beschermingszones in uitvoering van de Europese Vogelrichtlijn. Rapport van de Beheerseenheid van het Mathematisch Model van de Noordzee (BMM/KBIN) en het Instituut voor Natuurbehoud (IN). 91 pp.
- Hakan Westerberg (1990-1993). Fiskeriundersokningar vid havsbaserat vindkraftverk.
- Hammond, P.S., Berggren, P., Benke, H., Borchers, D.L., Collet, A., Heide-Jorgensen, S., Heimlich, S., Hiby, A.R., Leopold, M.F. & Oien, N. (2002). Abundance of harbour porpoise and other small cetaceae in the North Sea and adjacent waters. *J. Appl. Ecol.* 39:361-376.
- Heidsman, T.E.R., Smith, R.H., Arneson, A.D. (1955). Effect of Rain upon Underwater Noise Levels. *Journal of Acoustic Society of America*, 27:378.
- Henriet, J.P., Versteeg, W., Staelens, P., Vercruysse, J. & Van Rooij, D. (2006). Monitoring van het onderwatergeluid op de Thorntonbank referentietoestand van het jaar nul. Renard Centre of Marine Geology - Ghent University, Belgium. In opdracht van BMM. 53 pp.
- Henriksen, O.D., Teilmann, J. & Karstensen, J. (2003). Effects of the Nysted offshore wind farm construction on harbour porpoises – the 2002 annual status report for the acoustic T-POD monitoring programme. Technical report commissioned by ENERGI E2 A/S, August 2003. National Environmental Research Institute, Ministry of the Environment, Denmark. 44 pp.
- Hill, M.O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54: 427-432.
- Hillewaert, H. & Maertens, B. (2003). Trends in the spatial distribution of macrobenthos along the Belgian coast. *ICES WGEXT Report* 2003, 93-95.
- Hoffmann, E., Astrup, J., Larsen, F. & Munch-Petersen, S. (2000). Effects of marine windfarms on the distribution of fish, shellfish and marine mammals in the Horns Rev area. *Baggrundsrapport nr. 24*. 42 pp.
- Huddleston, J. (ed.) (2010). Understanding the environmental impacts of offshore windfarms. COWRIE 2010. 138 pp.
- <http://www.vlaamsehydrografie.be/wrakkendatabank.htm> (geraadpleegd op 8 december 2010)
- http://www.mumm.ac.be/NL/Management/Nature/search_strandings.php: databank zeezoogdieren BMM (geraadpleegd op 2 september 2010).
- <http://www.wind-energy-the-facts.org> (geraadpleegd op 20 augustus 2010)
- <http://www.wrecksite.eu/> (geraadpleegd op 8 december 2010)
- IALA (2008). IALA Recommendation O-139. The marking of man-made offshore structures. Edition 1 December 2008. 37 pp.
- ICES (2003). Report of the benthic ecology working group. *ICES CM/2003/E:09*.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.

- ITOPF (2010). Overzichtsstatistieken van accidentele olieverontreinigingen. Webpagina beschikbaar op 25/01/2011. (<http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/statistics/#no>)
- Jensen, A.C., Collins, K.J. & Lockwood, A.P.M. (eds.) (2000). Artificial reefs in European seas. Kluwer Academic Publishers. 508 p.
- JNCC (1998). Guidelines for minimising acoustic disturbance to marine mammals from seismic surveys. Joint Nature Conservation Committee, UK, April 1998 Version.
- Kastelein, R.A., Hardemann, J. & Boer, H. (1997). Food consumption and body weight of harbour porpoises *Phocoena phocoena*. IN: Read, A.J., Wiepkema, P.R. & Nachtigall, P.E. (Eds). The biology of the harbour porpoise. De Spil Publishers, Woerden, Nederland: 217–234.
- Kastelein, R.A., Wensveen, P.J., Hoek, L., Verboom, W.C., Terhune, J.M. & Hille Ris Lambers, R. (2008). Underwater hearing sensitivity of harbour seals for onal signals and noise bands. Beschikbaar op www.noordzeewind.nl. 32 pp.
- Kaiser-Wilhelm-Koog GMBH (2000). Report WT 1326/00 of acoustical emissions of the wind turbine Generator TW 1.5 s at Fiefbergen/Germany. 30 pp.
- Kenny, A.J. & Rees, H. (1996). The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: Results 2 years post-dredging. *Marine Pollution Bulletin*, 32(8/9): 615-622.
- Kerckhof, F., Haelters, J. & Gollasch, S. (2007). Alien species in the marine and brackish ecosystem: the situation in Belgian waters. *Aquatic Invasions* 2(3): 243-257.
- Kerckhof, F., Norro, A., Jacques, T.G. & Degraer, S. (2009). Early colonisation of a concrete offshore windmill foundation by marine biofouling on the Thornton Bank (southern North Sea). pp. 39-51 in *Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.*
- Kerckhof, F., Rumes, B., Norro, A., Jacques, T.G. & Degraer, S. (2010). Seasonal variation and vertical zonation of the marine biofouling on a concrete offshore windmill foundation on the Thornton Bank (southern North Sea). pp. 53-68 in *Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.*
- Kleissen, F.M. (2003). Oliedispersie studie ter hoogte van het C-Power windturbinepark op de Thorntonbank. W.L. Delft Hydraulics. 13 pp.
- Knudsen, V.O., Alford, R.S. & Emling, J.W. (1948). Underwater Ambient Noise. *Journal Maritime Research* 7:410.
- Koops, F. B. J. (2000). Electric and magnetic fields in consequence of undersea power cables. In: ICNIRP: Effects of Electromagnetic Fields on the Living Environment, pp. 189 – 210
- Lambers, R., Hille Ris & Hofstede, R. ter. (2009). Refugium Effects of the MEP - NSW Windturbinepark on Fish: Progress Report 2007. Interim report demersal fish. IMARES report. 23 pp.
- Lanckneus, J., Van Lancker, V., Moerkerke, G., Van den Eynde, D., Fettweis, M., De Batist, M. & Jacobs, P. (2001). Investigation of the natural sandtransport on the Belgian Continental Shelf (BUDGET). Final Report. Federal Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC). 104 pp. + 87 pp. Annex.
- Lauwaert, B., Fettweis, M., Cooreman, K., Hillewaert, H., Moolaert, I., Raemaekers, M., Mergaert, K. & De Brauwier, D. (2004). Syntheserapport over de effecten op het mariene milieu van baggerspeciestorringen. 52 pp.
- Le Bot, S., Van Lancker, V., Deleu, S., De Batist, M., Henriët, J.P. & Haegeman, W. (2005). Geological characteristics and geotechnical properties of Eocene and Quaternary deposits on the Belgian continental shelf: synthesis in the context of offshore wind farming. *Netherlands Journal of Geosciences — Geologie en Mijnbouw*, 84 – 2, 147 – 160.
- Le Bot, S., Van Lancker, V., Deleu, S., De Batist, M. & Henriët, J.P. (2003). Tertiary and quaternary geology of the Belgian Continental Shelf. Science Policy Office of Belgium: Brussels, Belgium.

- Le Roy, D., Volckaert, A., Vermoote, S., de Wachter, B., Maes, F., Coene, J. & Calewaert, J.B. (2006). Risk Analysis of Marine Activities in the Belgian part of the North Sea (RAMA). SPSPDII, April 2006.
- Lensink, R., van Gasteren, H., Hustings, F., Buurma, L., van Duin, G., Linnartz, L., Vogelzang, F. & Witkamp, C., 2002. Vogeltrek over Nederland 1976-1993. Schuyt & Co, Haarlem, ISBN 90-6097-566-9.
- Leonhard, S.B. (2000). Horns Rev Offshore Wind Farm. Environmental Impact Assessment of Sea Bottom and Marine Biology. Report request. Commissioned by Elsam Engineering A/S.
- Leonhard, S.B. & Pedersen, P. (2005). Hard Bottom Substrate Monitoring Horns Rev Offshore Wind Farm. Annual Status report 2003: 1-62. Report request. Commissioned by Elsam Engineering A/S.
- Leopold, M.F. & Camphuysen K.C.J. (2008). Did the pile driving during the construction of the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee, the Netherlands, impact porpoises? Beschikbaar op www.noorzeewind.nl. 17 pp.
- Lindeboom H.J. (2002). Comparison of effects of fishing with effects of natural events and non fishing anthropogenic impacts on benthic habitats. Symposium on effects of fishing activities on Benthic habitats: Linking geology, biology, socioeconomics and management. November 2002 Tampa Florida USA.
- Lindeboom, H.J., Geurts van Kessel, A.J.M. & Berkenbosch, A. (2005). Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het Nederlands Continentaal Plat. Rapport RIKZ/2005.008. Alterra rapport nr. 1109. ISBN nr. 90-369-3415-X. 103 pp.
- Lindgren, C. & Lindblom, E. (2004). Short term effects of accidental oil pollution in waters of the Nordic Countries. IVL Swedish Environmental Research Institute in collaboration with SYKE, SFT, HFS and DMU. Webpagina beschikbaar op www.norden.org/miljoe/hlg/sk/shortterm_oil_%20pollution.pdf. 02/05/07.
- Lucke, K. (2010). Potential effects of offshore wind farms on harbour porpoises - the auditory perspective. Pile driving in offshore wind farms: effects on harbour porpoises, mitigation measures and standards, European Cetacean Society meeting, Stralsund, 21st March 2010.
- Mackinson, S., Curtis, H., Brown, R., McTaggart, K., Taylor, N., Neville, S. & Rogers, S. (2006). A report on the perceptions of the fishing industry into the potential socio-economic impacts of offshore wind energy developments on their work patterns and income. Sci. Ser. Tec Rep., Cefas Lowestoft, 133: 99 pp.
- Maes, F., Janssen, C.R., Pichot, G. & Bocken, H. (2002). Beoordeling van mariene degradatie in de Noordzee en voorstellen voor een duurzaam beheer (MARE-DASM: 1998-2002), in: (2002). *Duurzaam Beheer van de Noordzee: presentatie van de onderzoeksresultaten, 21-22/01/2002. Scientific Support Plan for a Sustainable Development Policy (SPSD I): Programme 'Sustainable Management of the North Sea' = Plan voor wetenschappelijke ondersteuning van een beleid gericht op duurzame ontwikkeling (PODO I): Programma 'Duurzaam beheer van de Noordzee'*.
- Maes, F., Schrijvers, J., Van Lancker, V., Verfaillie, E., Degraer, S., Derous, S., De Wachter, B., Volckaert, A., Vanhulle, A., Vandenabeele, P., Cliquet, A., Douvere, F., Lambrecht, J. & Makgill, R. (2005). Towards a spatial structure plan for sustainable management of the sea. Research in the framework of the BELSPO Mixed Actions – SPSPD II, Juni 2005. pp. 539.
- Maes, F., Janssen, C., Pichot, G. & Bocken, H. (Ed.) (2004). Beoordeling van de mariene degradatie in de Noordzee en voorstellen voor een duurzaam beheer - MARE-DASM. Onderzoek in het kader van PODO I. Federaal Wetenschapsbeleid. 962 pp.
- MARIN & AVV (2007). Safety@sea. Risk study on the outflow of oil in the Dutch part of the North sea. Report No A06. Revision No 1. 2007-03-22.
- MARIN (2011). Veiligheidsstudie offshore windpark 'North Sea Power'. Rapportnummer 23307.620/B3. Concept rapport 15/04/2011.
- Marra, L.J. (1989). Sharkbite on the SL submarine lightwave cable system: history, causes and resolution, IEEE Journal of Oceanic Engineering, 14 (3): 230-237.
- McCune, B. & Mefford, M.J. (1999). Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.25 MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

- Meetnet Vlaamse Banken (2007). Vlaamse Hydrografische gegevens, Hydro Meteo Atlas, consulteerbaar op http://www.vlaamsehydrografie.be/hm_atlas_cd/www/index.htm.
- Meißner, K. & Sordyl, H. (2006). Literature Review of Offshore Wind Farms with Regard to Benthic Communities and Habitats. - In: Zucco, C., Wende, W., Merck, T., Köchling, I. & Köppel, J. (eds.): Ecological Research on Offshore Wind Farms: International Exchange of Experiences - PART B: Literature Review of the Ecological Impacts of Offshore Wind Farms. BfN-Skripten 186: 1-45.
- Meißner, K., Bockhold, J. & Sordyl, H. (2007). Problem Kabelwärme? – Vorstellung der Ergebnisse von Feldmessungen der Meeresbodentemperatur im Bereich der elektrischen Kabel im dänischen Offshore-Windpark Nysted Havmøllepark (Dänemark). In: Meeresumwelt-Symposium 2006. Hrsg. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie : 153-161.
- Merck, T. (2009). Assessment of the environmental impacts of cables. OSPAR Commission.
- Nationaal Klimaatplan 2002-2012. Beschikbaar op <http://statbel.fgov.be>.
- Near shore windpark (1999). MER Locatiekeuze Near shore windpark Nederland.
- Nedwell, J. & Howell, D. (2004). A review of offshore windfarm related underwater noise sources. Report No. 544 R 0308 commissioned by COWRIE. 63 pp.
- Nedwell, J., Langworthy, J. & Howell, D. (2003). Assessment of sub-sea acoustic noise and vibration from offshore wind turbines and its impact on marine wildlife; initial measurements of underwater noise during construction of offshore windfarms, and comparison with background noise. Report No. 544 R 0424 commissioned by COWRIE. 72 pp.
- Nedwell, J.R., Parvin, S.J., Edwards, B., Workman, R., Brooker, A.G. & Kynoch, J.E. (2007). Measurement and interpretation of underwater noise during construction and operation of offshore windfarms in UK waters. Subacoustech Report No. 544R0738 to COWRIE Ltd. 78 pp.
- Newell, R.C., Seiderer, L.J., Simpson, N.M. & Robinson, J.E. (2002). Impact of marine aggregate dredging and overboard screening on benthic biological resources in the central North Sea: Production Licence Area 408; Coal Pit. Marine Ecological Surveys Limited Technical Report No. ER1/4/02 to the British Marine Aggregate Producers Association. 72 pp.
- Norro, A., Haelters, J., Rumes, B. & Degraer, S. (2010). Underwater noise produced by the piling activities during the construction of the Belwind offshore wind farm (Bligh Bank, Belgian marine waters). pp. 37-51 in Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). *Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability*. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.
- Odegaard & Danneskiold-Samsoe A/S (2002). Measurements of noise induced from offshore wind turbines and ambient noise in the sea water.
- OSPAR (2000a). Quality Status Report 2000 Region II - Greather North Sea OSPAR Commission. 136 p.
- OSPAR (2000b). Report of an assessment of trends in the concentration of certain metals, PAKs and other organic compounds in the tissues of various species and blue mussels. OSPAR Commission ad hoc working group on monitoring.
- OSPAR (1998). Sediment Quality Criteria (Agenda Item 9). SEBA 98/9/3-E(L). In: Oslo and Paris Conventions for the Prevention of Marine Pollution, Working Group on SEA-Based Activities (SEBA). Copenhagen, 16-19 February, 1998.
- OSPAR (2006). Review of the current state of knowledge on the environmental impacts of the location, operation and removal/disposal of offshore wind-farms. Status report April 2006, OSPAR Commission. Publication number 278/2006. 34 pp.
- OSPAR (2008a). Assessment of the environmental impact of offshore wind-farms. OSPAR Commission. Publication number 385/2008. 36 pp.
- OSPAR (2008b). Background Document on potential problems associated with power cables other than those for oil and gas activities. OSPAR Commission. Publication number 370/2008. 50 pp.

- OSPAR (2009a). Assessment of the environmental impact of underwater noise. OSPAR Biodiversity series, publication 436.
- OSPAR (2009b). Overview of the impacts of anthropogenic underwater sound in the marine environment. OSPAR Biodiversity series, publication 441. 134 pp.
- Pannekoek, A.J. & van Straaten, L.M.J.U. (1984). *Algemene Geologie*, Wolters-Noorhoff Groningen, ISBN 90 01 68975 2, 599 pp.
- Petersen, I.K., Christensen, T.K., Kahlert, J., Desholm, M. & Fox, A.D. (2006). Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. NERI Report request. Commissioned by DONG energy and Vattenfall A/S. National Environmental Research Institute. Ministry of the Environment. Department of Wildlife Ecology and Biodiversity. 161 pp.
- Petersen, J.K. & Malm, T. (2006). Offshore windmill farms: threats to or possibilities for the marine environment. *Ambio* Vol. 35, No.2, 75-80.
- Phua, C., van den Acker, S., Baretta, M. & van Dalen, J. (2004). Ecological effects of sand extraction in the North Sea. 22 pp.
- Poléo, A.B.s., Johannessen, H.F. & Harboe, M.jr. (2001). High Voltage Direct Current (HVDC) sea cables and sea electrodes: Effects on marine life – 1st revision of the literature study: 50 p.
- Popper, A.N., Salmon, M. & Horch, K. (2001). Acoustic detection and communication by decapod crustaceans. *J. Comp. Physiol. A* 187, (2), 83-89.
- Postma, H. (1990). De chemie van het water. In de Wolf. De Noordzee.
- Prins, T.C., Twisk, F., van den Heuvel-Greve, M.J., Troost, T.A. & van Beek, J.K.L. (2008). Development of a framework for Appropriate Assessments of Dutch offshore wind farms. 177 pp.
- Prins TC, Van Beek JKL, Bolle L (2009) Modelschatting van de effecten van heien voor offshore windmolenparken op de aanvoer van vislarven naar Natura 2000 gebieden. Report No. Z4832, Deltares
- Provincie Zeeland (1998). MER-windenergie deelaspect geluid Nederland.
- Rabaut M, Guilini K, Van Hoey G, Magda V, Degraer S (2007). A bio-engineered soft-bottom environment: The impact of *Lanice conchilega* on the benthic species-specific densities and community structure. *Estuar Coast Shelf Sci* 75:525-536.
- Reijnders, P.J.H. & K. Lankester (1990). Status of marine mammals in the North Sea. *Neth. J. Sea Res.* 26 (2-4): 427-435.
- Reijnders, P.J.H. (1992). Harbour porpoises *Phocoena phocoena* in the North Sea: numerical responses to changes in environmental conditions. *Neth. J. of Aqu. Ecol.* 26(1): 75-85.
- Reubens, J., Degraer, S. & Vincx, M. (2009a). The importance of marine wind farms, as artificial hard substrates, on the North Sea bottom for the ecology of the ichthyofauna fish. pp. 53-60 in *Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.*
- Reubens, J., Vanden Eede, S. & Vincx, M. (2009b). Monitoring of the effects of offshore wind farms on the endobenthos of soft substrates: Year-0 Bligh Bank and Year-1 Thorntonbank. pp. 61-91 in *Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.*
- Reubens, J., Degraer, S. & Vincx, M. (2010). The importance of marine wind farms, as artificial hard substrata, for the ecology of the ichthyofauna. pp. 69-82 in *Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.*
- Richardson, W.J., Greene Jr., C.R., Malme, M.I. & Thomson, D.H. (1995). *Marine mammals and noise*. Academic Press, London & New York. 576 p.

- Risø National Laboratory (2004). Offshore Wind Energy and Industrial Development in the Republic of Ireland. Report prepared by Risø National Laboratory on behalf of Sustainable Energy. 102 pp.
- Roberts, C.M., Bohnsack, J.A., Gell, F., Hawkins, J.P. & Goodridge, R. (2001). Effects of marine reserves on adjacent fisheries. *Science*, Vol. 294 (5548): 1920-1923.
- Roos, P.C. (2004). Seabed pattern dynamics and offshore sand extraction. Doctoraatsproefschrift, Universiteit Twente. 167 pp.
- Royal Haskoning (2005). MER, SMB, Habitattoets BritNed-verbinding - Samenvatting. Uitgevoerd in opdracht van BritNed Development Limited. 82 p.
- Scheidat, M., Brasseur, S. & Reijnders, P. (2008). Assessment of the Effects of the Offshore Wind Farm Egmond aan Zee (OWEZ) for Harbour Porpoise (T1). Beschikbaar op www.noordzeewind.nl. 35 pp.
- Sanderhoff, P. (1993). PARK – User's Guide, RISO.
- Senternovem (2005). Handboek Risicozonering Windturbines versie 2. www.senternovem.nl.
- SGS (2007). Studie Windturbines en veiligheid. <http://www.energiesparen.be>.
- Söker, H. Rehfeldt, K., Santjer, F. Stracker, M. & Schreiber, M. (2000). Offshore Wind Energy in the North Sea. Technical possibilities and ecological considerations. A Study for Greenpeace. 83 pp.
- Stienen, E.W.M., Courtens, W. & Van de Walle, M. (2004). Interacties tussen antropogene activiteiten en de avifauna in de Belgische zeegebieden. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, 2004.136. Instituut voor Natuurbehoud: Brussel, België, 54 pp.
- Stienen, E.W.M., Van Waeyenberge, J. & Kuijken, E. (2002). De avifauna en zeezoogdieren van de Thorntonbank. Studie ter beoordeling en monitoring van de impact van een off-shore windpark op de mariene avifauna en zeezoogdieren. Rapport IN.A.2002.244, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel. 60 pp.
- Stienen, E.W.M., Van Waeyenberge, J. & Kuijken, E. (2003). Zeezoogdieren in Belgisch mariene wateren. Rapport Instituut voor Natuurbehoud, IN.A.2003.152. Instituut voor Natuurbehoud: Brussel, Belgium. 15 pp.
- Stienen, E.W.M., Van Waeyenberghe, J. & Kuijken, E. (2007). Trapped within the corridor of the southern North Sea: the potential impact of offshore wind farms on seabirds. In: de Lucas, M., Guyonne, F.E. & Ferrer, M., 2007. Birds and wind farms: risk assessment and mitigation, p. 71 – 80.
- Task Force Visserij (2006). Globaal actie- en herstructureringsplan voor een duurzame Vlaamse zeevisserijsector. 42 pp.
- Tasker, M.L., Amundin, M., Andre, M., Hawkins, A., Lang, W., Merck, T., Scholik-Schlomer, A., Teilmann, J., Thomsen, F., Werner, S. & Zakharia, M. (2010). Marine Strategy Framework Directive – Task Group 11 Underwater noise and other forms of energy. European Commission, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 55 pp.
- Tasker, M.L., Jones, P.H., Dixan, T.J. & Blake, B.F. (1984). Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardized approach. *Auk* 101: 567- 577.
- Teilmann, J., Carstensen, J., Dietz, R. & Edrén, S.M.C (2005). Aerial monitoring of seals during construction and operation of Nysted Offshore Wind Farm. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Denmark. 37 pp.
- Teilmann, J., Carstensen, J., Dietz, R., Edrén, S.M.C & Andersen, S.M. (2006c). Final report on aerial monitoring of seals near Nysted Offshore Wind Farm. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Denmark. 41 pp.
- Teilmann, J., Tougaard, J. & Cartensen, J. (2006a). Summary on harbour porpoise monitoring 1999-2006 around Nysted and Horns Rev Offshore Wind Farms. NERI Report to Energi E2 A/S and Vattenfall A/S. Roskilde, Denmark. 14 pp.
- Teilmann, J., Tougaard, J., Carstensen, J., Dietz, R. & Tougaard, S. (2006b). Summary on seal monitoring 1999-2005 around Nysted and Horns Rev Offshore Wind Farms. NERI Technical report to Energi E2 A/S and Vattenfall A/S. Roskilde, Denmark. 22 pp.

- Ter Hofstede, R., Heessen, H.J.L. & Daan, N. (2005). Systeembeschrijving Noordzee: Natuurwaardenkaarten vis. RIVO rapport C090/05, 55 pp.
- Tessens, E. & Velghe, M. (2006). Uitkomsten van de Belgische zeevisserij: 2005. Departement Landbouw en Visserij. Afdeling Landbouw en Visserijbeleid. Zeevisserij. 32 pp.
- Tessens, E. & Velghe, M. (2010). De Belgische Zeevisserij: aanvoer en besomming 2009. Departement Landbouw en Visserij. Afdeling Landbouw en Visserijbeleid. Zeevisserij. 32 pp.
- Thiele R. (2002). Propagation loss values for the North Sea. Handout Hachgespräch: Offshore-windmillssound emissions and marine mammals. FTZ-Büsum.
- Thompson P. M., Lusseau, D., Barton, T., Simmons, D., Rusin, J., Bailey, H. (2010). Assessing the responses of coastal cetaceans to the construction of offshore wind turbines. *Marine Pollution Bulletin* 60 (2010) 1200-1208.
- Thomsen, F., Lüdemann, K., Kafemann, R. & Piper, W. (2006). Effect of offshore wind farm noise on marine mammals and fish. Biola, Hamburg, Germany on behalf of COWRIE Ltd. 62 pp.
- Tonnon P.K., Van Rijn L.C., Walstra D.J.R. (2007). The morphodynamic modelling of tidal sand waves on the shoreface. *Coastal Engineering* 54, 279-296.
- Tougaard, J., Carstensen, J., Damsgaard Henrikson, O., Skov, H., Teilman, J. (2003). Short-term effects of the construction of wind turbines on harbour porpoise at Horns Rev. Technical Report to TechWise A/S. HME/362-02662, Hedeselkabet, Roskilde.
- Tougaard, J., Carstensen, J., Ilsted Bech, N. & Teilmann, J. (2006c). Final report on the effect of Nysted Offshore Wind Farm on harbour porpoises. Annual report 2005. NERI Technical report to Energi E2 A/S. Roskilde, Denmark. 65 pp.
- Tougaard, J., Carstensen, J., Wisz, M.S., Jespersen, M., Teilmann, J. & Ilsted Bech, N. (2006b). Harbour Porpoises on Horns Reef – Effects of the Horns Reef Wind Farm – Final Report to Vattenfall A/S. NERI Commissioned Report. Roskilde, Denmark. 111 pp.
- Tougaard, J., Carstensen, J., Wisz, M.S., Teilmann, J., Ilsted Bech, N., Skov, H. & Henriksen, O.D. (2005). Harbour Porpoises on Horns Reef – Effects of the Horns Reef Wind Farm. Annual Status Report 2004 to Elsam Engineering A/S. NERI Technical Report. Roskilde, Denmark. 71 pp.
- Tougaard, J., Madsen, P.T. & Wahlbergs, M. (2008). Underwater noise from construction and operation of offshore wind farms. *Bioacoustics* 17: 1-3 (2008) 146-146.
- Tougaard, J., Tougaard, S., Jensen, R.C., Jensen, T., Teilmann, J., Adelung, D., Liebsch, N. & Müller, G. (2006a). Harbour seals at Horns Reef before, during and after construction of Horns Rev Offshore Wind Farm. Final report to Vattenfall A/S. Biological Papers from the Fisheries and Maritime Museum No. 5, Esbjerg, Denmark. Available at www.hornsrev.dk.
- Tougaard, S., Skov, H. & Kinze, C.C. (2000). Environmental Impact Assessment. Investigation of marine mammals in relation to the establishment of a marine wind farm on Horns Reef. Report to ELSAMprojekt. 35 pp.
- Tractebel Development Engineering (2001). Milieu-effectenrapport voor het bekomen van een machtiging en een vergunning voor de bouw en de exploitatie van een windturbinepark.
- Trentesaux, A., Stolk, A., Berne, S., De Batist, M. & Chamley, H. (1993). Le Middelkerke Bank – Mer du Nord méridionale. Première datations indirectes des dépôts à partir d'informations sismiques et lithologiques. In: ASF (editor), 4ième Congrès Français de Sédimentologie – Résumés. ASF, Paris, 345-346.
- Trentesaux, A., Stolk, A. & Berné, S. (1999). Sedimentology and stratigraphy of a tidal sandbank in the southern North Sea. *Mar. Geol.*, 159: 253-272.
- Turner, S.J., Thrush, S.F., Pridmore, R.D., Hewitt, J.E., Cummings, V.J. & Maskery, M. (1995). Are soft-sediment communities stable? An example from a windy harbour. *Marine Ecology Progress Series* 120, 219-230.
- Urlick, R.J. (1983). Principles of Underwater Sound. Mc-Graw Hill Book Comp.

- Van den Eynde, D., Brabant, R., Fettweis, M., Francken, F., Van Lancker, V., Sas, M. & Melotte, J. (2010). Monitoring of hydrodynamic and morphological changes at the C-Power and Belwind offshore windfarm sites – A synthesis. pp. 19-36 in *Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.*
- Van Hoey, Degraer, S. & Vincx, M. (2004). Macrobenthic community structure of soft-bottom communities on the Belgian Continental Shelf. Est., coast. And shelf sci. 59: 601-615.
- Van Hulle, F., Le Bot, S., Cabooter, Y., Soens, J., Van Lancker, V., Deleu, S., Henriët, J.P., Palmers, G., Dewilde, L., Driesen, J., Van Roy, P. & Belmans, R. (2004). Optimal offshore wind energy developments in Belgium. Belgian Science Policy, 153 pp.
- Van Lancker, V., Du Four, I., Verfaillie, E., Deleu, S., Schelfaut, K., Fettweis, M., Van den Eynde, D., Francken, F., Monbaliu, J., Giardino, A., Portilla, J., Lanckneus, J., Moerkerke, G. & Degraer, S. (2007a). Management, research and budgetting of aggregates in shelf seas related to end-users (Marebasse). Brussel (B), Belgian Science Policy (D/2007/1191/49), 139 pp. + DVD GIS@SEA + Habitat Signature Catalogue.
- Van Lancker, V., Du Four, I., Papili, S., Verfaillie, E., Schelfaut, K., M. Rabaut and Degraer, S., (2007b). Habitat Signature Catalogue, Belgian part of the North Sea. Belgian Science Policy, SPSDII project MAREBASSE (Management, research and budgetting of aggregates in shelf seas related to end-users), 27pp
- Vandenbroele, M., Vangheluwe, M., Janssen, C. Persoone, G., Van Haecke, P & Le Roy, D. (1997). Definiëring en toepassing van ecologische criteria en economische indicatoren voor de effectstudie en kostenbepaling van diverse types van verontreiniging in de Noordzee. 142 pp.
- Vandendriessche, S., Hostens, K. & Wittoeck, J. (2009). Monitoring of the effects of the Thorntonbank and Bligh Bank windmill parks on the epifauna and demersal fish fauna of soft-bottom sediments: Thorntonbank: status during construction (T1), Bligh Bank: reference condition (T0). pp. 93-150 in *Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.*
- Vanderperren, E. & Polet, H. (2009). CLIMAR – Evaluation of climate change impacts and adaptation responses for marine activities. Subdocument 'Belgian fisheries - sector analysis' ILVO – Institute for Agricultural and Fisheries Research, Animal Sciences – Fisheries: Ostend, Belgium. 44 pp.
- Vanermen, N. & Stienen, E. (2009). Seabirds & offshore wind farms: monitoring results 2008. pp. 151-221 in *Degraer, S. & Brabant, R. (2009). Offshore wind farms in the Belgian Part of the North Sea. State of the art after two years of environmental monitoring. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 287 pp. + annexes.*
- Vanermen, N., Stienen, E.W.M., Onkelinx, T., Courtens, W., Van de walle, M. & Verstraete, H. (2010). Monitoring seabird displacement effects by offshore wind farms: a modelling approach. pp. 133-152 in *Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.*
- Vanhulle, A., Houthave, R. & Di Marcantonio, M. (2010). Seascape and socio economic study: final results. pp. 165-184 in *Degraer, S., Brabant, R. & Rumes, B. (Eds.) (2010a). Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: Early environmental impact assessment and spatio-temporal variability. Royal Belgian Institute for Natural Sciences, Management Unit of the North Sea Mathematical Models. Marine ecosystem management unit. 184 pp. + annexes.*

- Vattenfall A/S (2006). Horns Rev Offshore Wind Farm. Annual Status Report for the Environmental Monitoring Programme 2005: January 2005 - March 2006. Vattenfall A/S, Report No 6659 – LAJL/JKG. Fredericia, Denmark. 96 pp.
- Vella, G., Rushforth, I., Mason, E., Hough, A., England, R., Styles, P., Holt, T. & Thorne, P. (2001). Assessment of the effects of noise and vibration from offshore wind farms on marine wildlife. 107 pp.
- Verboom, W.C. (1991). Possible disturbance of marine mammal hearing perception by human made noise-preparatory study, TPD-HAG-RPT-91-110.
- Verboom, W.C. (2005). Bulderen windturbines de bruinvis weg?, Nieuwsbrief Nederlandse Zeevogelgroep 6(3): 12.
- Verboom, W.C. & Kastelein, R.A. (2005). Some examples of marine mammal 'discomfort thresholds' in relation to man-made noise. Proc. UDT 2005.
- Vestas Wind Systems (2005). Life cycle assessment of offshore and onshore sited wind power plants based on Vestas V90-3.0 MW turbines.
- Vigin, L. & Di Marcantonio, M. (2003). Samenvatting van de volledige milieuvergunningsprocedure in de vorm van een flow-chart (website BMM).
- Volckaert, A., Engledow, H., Beck, O., Degraer, S., Vincx, M., Coppejans, E. & Hoffmann, M. (2004). Onderzoek van de ecologische interacties van macroalgen, macrofauna en vogels geassocieerd met intertidale harde constructies langs de Vlaamse kust. Universiteit Gent/Instituut voor Natuurbehoud: Belgium. 123 pp.
- VMM (2010). Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest - Jaarverslag Immissiemeetnetten Kalenderjaar 2008. Vlaamse Milieumaatschappij - Afdeling Lucht, Milieu en Communicatie - Dienst Lucht. Erembodegem, december 2010. 162 pp.
- VRT (2007). Grote actie tegen vervuiling op Noordzee. 26/04/07. Webpagina beschikbaar op 02/05/07. <http://www2.vrtnieuws.net/cm/vrtnieuws.net/nieuws/binnenland/1.116635>.
- Wahlberg, M. and Westerberg H. (2005). Hearing in fish and their reaction to sound from offshore wind farms. Mar. Ecol. Prog. Ser. 288: 295-309.
- Wartel, S. (1989). Paleogeographical reconstruction of the offshore area off the Belgian coast – Acoustic investigations. In: Baeteman, C. (editor). Quaternary sea-level investigations from Belgium. Ministerie van Econ. Zaken, Geologische Dienst van België, Brussel, 92-104.
- Westerberg, H. (1994). Fiskeriundersökningar vid havsbaserat vindkraftverk.
- Westerberg, H. & Lagenfelt. (2008). Sub-sea power cables and the migration behavior of the European eel. Fisheries Management and Ecology 15: 369-375.
- Winter, H.V., Aarts, G. & van Keeken, O.A. (2010). Residence time and behaviour of sole and cod in the Offshore Wind farm Egmond aan Zee (OWEZ). Report number OWEZ_r_265_T1_20100916.
- Wolski, L.F., Anderson, R.C., Bowles, A.E. & Yochem, P.K. (2003). Measuring hearing in the harbour seal (*Phoca vitulina*): Comparison of behavioral and auditory brainstem response techniques. Journal of the Acoustical Society of America: 113 (1): 629 - 637.
- Zalmon, I.R., Novelli, R., Gomes, M. & Faria, V.V. (2002). Experimental results of an artificial reef programme on the Brazilian coast north of Rio de Janeiro. ICES Journal of Marine Science, 59, 83-87.

BIJLAGEN

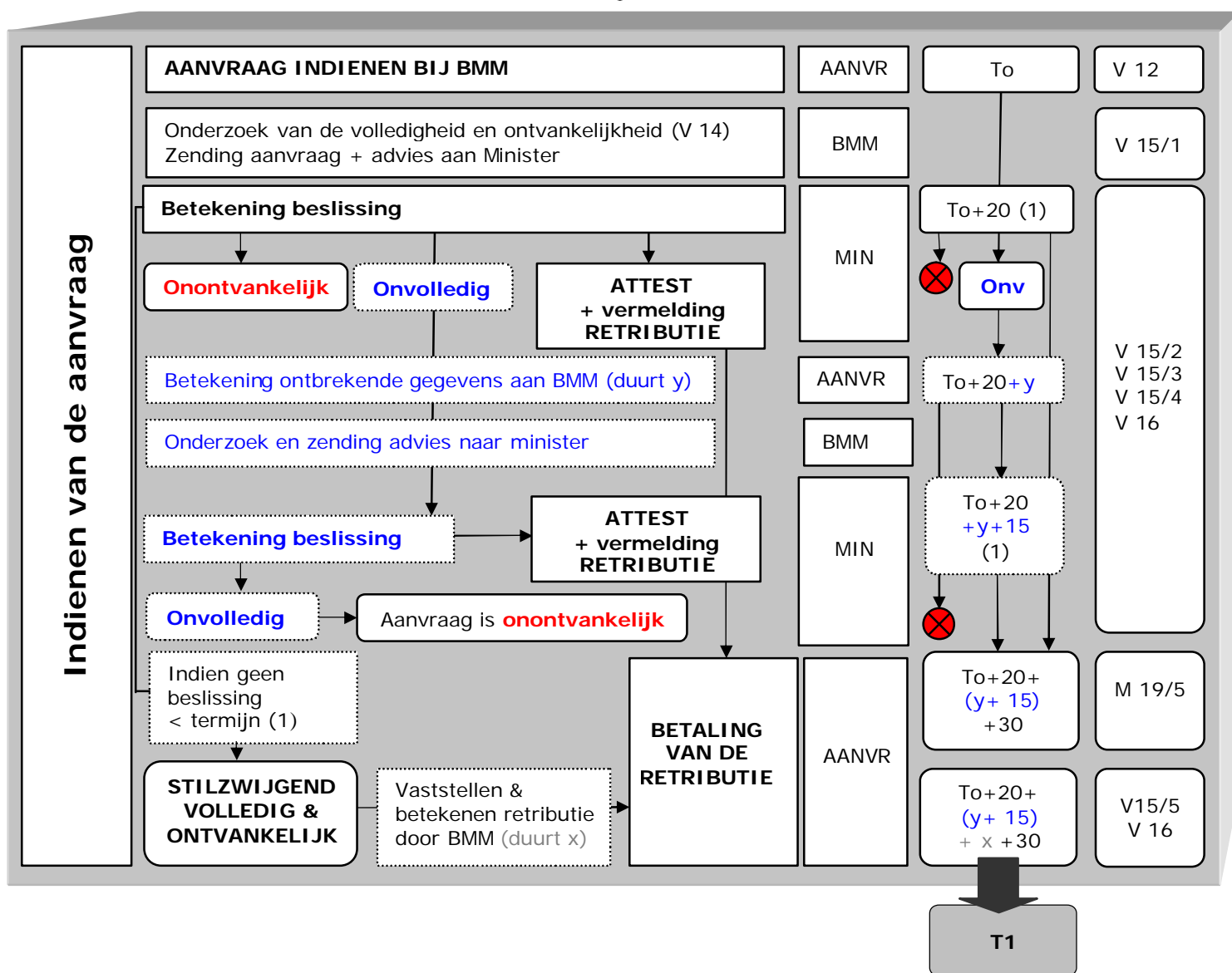
BIJLAGEN HOOFDSTUK 1

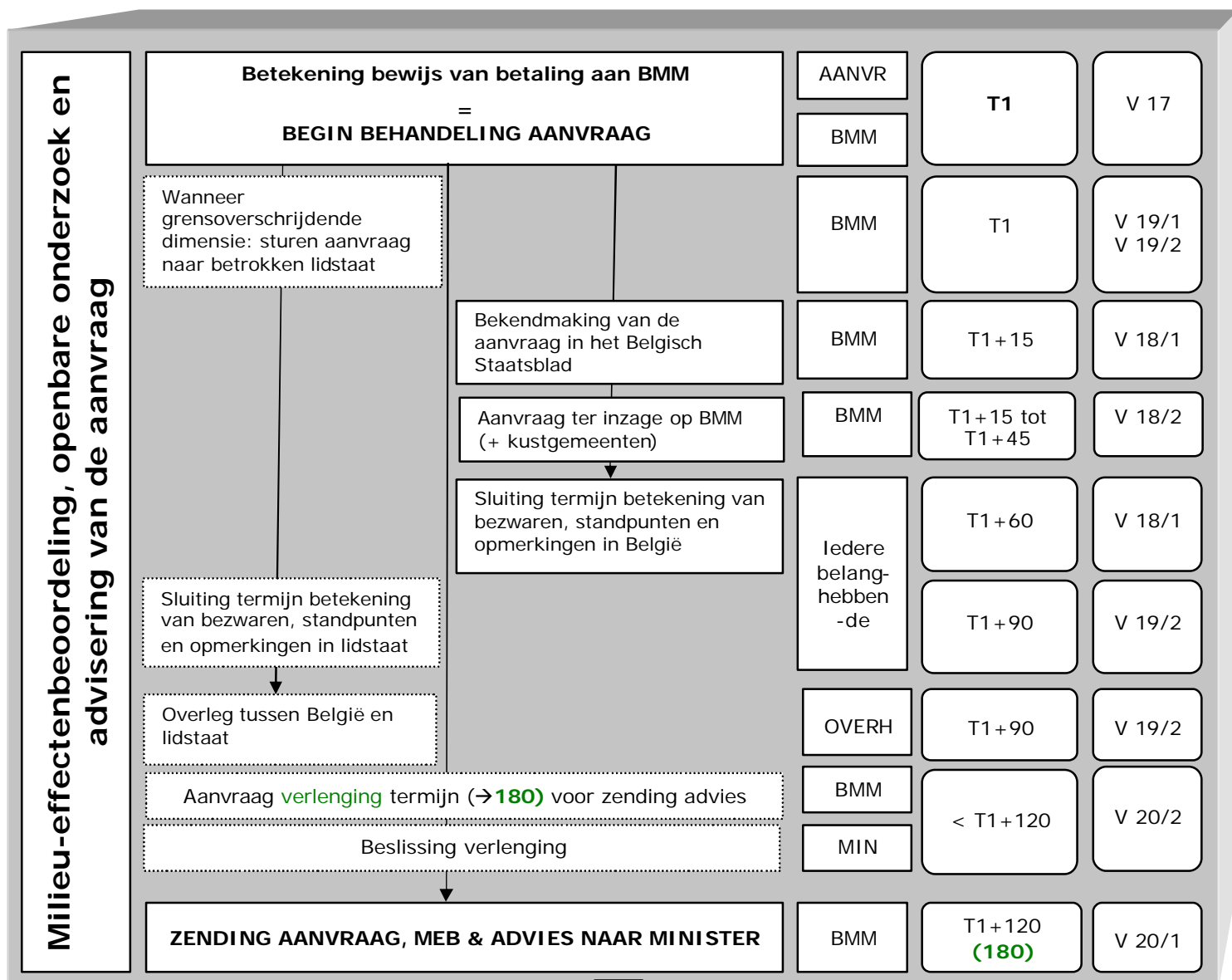
Bijlage 1.1.1: Schematisch overzicht van de procedure tot het bekomen van een vergunning/machtiging (Vigin & Di Marcantonio, 2003)

Procedure met inspraak voor het bekomen van vergunning en /of machtiging

Activiteit	Wie	Termijn	Artikel
------------	-----	---------	---------

Vooraf	Betekening van de kennisgeving aan BMM	AANVR	T	M 7/1
	Toepassing art 28§5 van wet MMM vragen aan BMM			M 7/2
	Betekening van de beslissing ter zake	MIN	T+30	
	Standpunt vragen aan BMM inzake wijze uitwerking MER	AANVR	< To	M 12





Betekening = aangetekend opsturen, AANVR = aanvrager, MIN = minister, OVER= overheden, M = KB 9/9/2003, V = KB 7/9/2003, facultatieve stap

BIJLAGEN HOOFDSTUK 2

Bijlage 2.3.1: Coördinaten van de hoekpunten van de concessie, mogelijke locaties van de windmeetmast, locaties van de OHVS, de turbines per configuratie en alternatieve kabeltracés

North Sea Power configuratie 1

Typevoorbeeld turbine: Siemens SWT-3.6-120
 Vermogen: 3,6 MW
 Ashoogte: 80 m
 Rotordiameter: 120 m

Aantal	Turbine	UTM WGS84	
		X	Y
1	1.1	495716	5706842
2	1.2	496150	5706397
3	1.3	496583	5705952
4	1.4	497016	5705507
5	1.5	497798	5704705
6	1.6	498231	5704260
7	1.7	498665	5703815
8	1.8	499098	5703371
9	1.9	499533	5702924
10	2.7	499983	5703466
11	2.6	499543	5703907
12	2.5	499120	5704359
13	2.4	498729	5704776
14	2.3	497895	5705288
15	2.2	496881	5706801
16	2.1	496447	5707246
17	3.6	500431	5704008
18	3.5	499994	5704450
19	3.4	499573	5704903
20	3.3	499204	5705306
21	3.2	498637	5705554
22	5.9	501304	5705061
23	5.8	500915	5705480
24	5.7	500499	5705870
25	5.6	500075	5706254
26	7.6	502400	5706384
27	7.5	501871	5706757
28	7.4	501342	5707129
29	7.3	500813	5707501
30	7.2	500283	5707872
31	7.1	499753	5708244
32	6.8	501750	5705600
33	6.7	501280	5706018
34	6.6	500809	5706437
35	6.5	500338	5706855
36	6.4	499854	5707264
37	6.3	499324	5707635
38	6.2	498984	5708062
39	6.1	498565	5708434
40	4.1	497493	5707695
41	5.2	498292	5707696
42	5.3	498643	5707270
43	5.4	499144	5706946
44	4.2	497664	5707185
45	4.3	497837	5706672
46	8.1	499941	5709482
47	8.2	500471	5709111
48	8.3	501001	5708739
49	8.4	501531	5708368
50	8.5	502061	5707996

Aantal	Turbine	UTM WGS84	
		X	Y
51	8.6	502590	5707624
52	8.7	503119	5707252
53	9.1	500128	5710123
54	9.2	500735	5709749
55	9.3	501265	5709378
56	9.4	501795	5709006
57	9.5	502325	5708634
58	10.1	500646	5710698
59	10.2	501198	5710346
60	12.1	502136	5713681
61	12.2	502296	5713101
62	12.3	502477	5712527
63	12.4	502672	5711959
64	12.5	502896	5711403
65	12.6	503152	5710860
66	12.7	503413	5710319
67	12.8	503715	5709798
68	12.9	504032	5709284
69	13.1	504149	5711646
70	13.2	504311	5710975
71	13.3	504453	5710388
72	13.4	504958	5709996
73	14.2	505687	5710402
74	14.1	505226	5710828
75	10.3	501732	5709974
76	11.1	501288	5711224
77	5.5	499607	5706599
78	4.8	500062	5705374
79	13.5	504826	5709312
80	4.10	500868	5704534
81	4.9	500462	5704941
82	3.1	497991	5705861
83	4.7	499367	5705908
84	4.6	498906	5706256
85	4.5	498464	5706596
86	5.1	497838	5708265

Offshore hoogspanningsstation

1	OHVS1	503049	5707776
2	OHVS2	501254	5705621

Windmeetmast

1	WMM1	498002	5704492
2	WMM2	504655	5709551

North Sea Power configuratie 2

Typevoorbeeld turbine: REpower 6M
 Vermogen: 6,15 MW
 Ashoogte: 90 m
 Rotordiameter: 130 m

Aantal	Turbine	UTM WGS84	
		X	Y
1	1.8	499166	5703305
2	5.8	501748	5705602
3	4.6	501199	5704939
4	3.8	500525	5704125
5	2.7	500014	5703509
6	2.6	499563	5704143
7	6.1	499585	5708361
8	1.7	498710	5703773
9	12.4	504745	5709220
10	12.2	504315	5710971
11	12.3	504517	5710136
12	13.2	505236	5709813
13	14.1	505637	5710445
14	13.1	505092	5710846
15	12.1	504232	5711739
16	11.1	502146	5713666
17	11.2	502318	5713031
18	11.3	502524	5712398
19	11.4	502748	5711759
20	11.5	503023	5711146
21	11.6	503306	5710539
22	11.7	503619	5709963
23	11.8	503964	5709400
24	10.1	501293	5711222
25	9.3	501717	5709991
26	9.2	501212	5710370
27	9.1	500707	5710749
28	8.5	502404	5708662
29	8.4	502093	5709213
30	8.3	501338	5709374
31	8.2	500774	5709792
32	8.1	500209	5710200
33	7.6	503109	5707265
34	8.6	502909	5707961
35	7.5	502085	5707986
36	7.4	501515	5708386
37	7.3	500951	5708782
38	7.2	500379	5709182
39	7.1	499683	5709670
40	6.2	500155	5707960
41	6.3	500712	5707569
42	6.4	501270	5707177
43	6.5	501827	5706786
44	6.6	502383	5706394
45	5.7	501253	5706042
46	5.6	500757	5706482
47	5.5	500116	5706993
48	5.4	499559	5707384
49	5.3	498962	5707759
50	5.2	498267	5708019

Aantal	Turbine	UTM WGS84	
		X	Y
51	5.1	498282	5708679
52	3.1	497417	5707952
53	3.2	497626	5707332
54	4.1	498384	5707145
55	4.2	498987	5706778
56	4.3	499701	5706329
57	4.4	500185	5705864
58	4.5	500688	5705405
59	3.7	500233	5704716
60	3.6	499741	5705191
61	3.5	499268	5705649
62	3.4	498789	5706104
63	3.3	497909	5706488
64	2.1	496517	5707294
65	2.2	497077	5706685
66	2.3	497976	5705711
67	2.4	498516	5705199
68	2.5	499031	5704677
69	1.6	498254	5704241
70	1.5	497799	5704709
71	1.4	497136	5705389
72	1.3	496664	5705874
73	1.2	496193	5706357
74	1.1	495721	5706841

Offshore hoogspanningsstation

1	OHVS1	503049	5707776
2	OHVS2	501254	5705621

Windmeetmast

1	WMM1	498002	5704492
2	WMM2	504655	5709551

North Sea Power configuratie 3

Typevoorbeeld turbine: Britannia C-150 (Clipper Windpower)

Vermogen: 10 MW

Ashoogte: 115 m

Rotordiameter: 150 m

Aantal	Turbine	UTM WGS84	
		X	Y
1	4.1	498284	5708664
2	1.1	495742	5706837
3	1.2	496348	5706215
4	1.3	496982	5705564
5	1.5	498361	5704149
6	2.1	496842	5707084
7	2.2	498164	5705776
8	2.3	498880	5705149
9	2.4	499550	5704477
10	3.5	500329	5705352
11	3.4	499624	5705927
12	3.3	498727	5706666
13	3.2	498053	5707263
14	3.1	497425	5707943
15	4.2	498853	5708010
16	4.3	499643	5707245
17	4.4	500283	5706696
18	4.5	501001	5706138
19	4.6	501718	5705584
20	5.4	502369	5706392
21	5.3	501633	5706910
22	5.2	500896	5707427
23	6.1	499698	5709671
24	6.2	500556	5709071
25	6.3	501401	5708478
26	6.4	502247	5707884
27	6.5	503107	5707279
28	7.1	500434	5710448
29	8.2	501596	5710221
30	8.3	502070	5709238
31	8.1	501283	5711205
32	9.6	504077	5709240
33	9.5	503570	5710072
34	9.4	503137	5710929
35	9.3	502744	5711805
36	9.2	502430	5712712
37	9.1	502164	5713635
38	10.1	504128	5711822
39	10.2	504331	5710957
40	11.1	505690	5710379
41	10.3	504638	5710074
42	5.1	499955	5708087
43	1.4	497814	5704710
44	1.6	498952	5703541
45	1.7	499532	5702946
46	2.5	500277	5703845
47	3.6	501027	5704750

Offshore hoogspanningsstation

1	OHVS1	503049	5707776
2	OHVS2	501254	5705621

Windmeetmast

1	WMM1	498002	5704492
2	WMM2	504655	5709551

North Sea Power kabeltracé - Alternatief 1

Kabel A	UTM WGS84	
	X	Y
CA1	503284	5707902
CA2	504177	5706664
CA3	505502	5705523
CA4	505837	5705169
CA5	506648	5704118
CA6	506815	5703695
CA7	507580	5695706
CA8	507382	5695057
CA9	507542	5693413
CA10	508033	5693153
CA11	511799	5687233
CA12	512179	5686427

Kabel B	UTM WGS84	
	X	Y
CB1	503281	5707820
CB2	504140	5706630
CB3	505468	5705487
CB4	505799	5705137
CB5	506602	5704098
CB6	506766	5703683
CB7	507530	5695710
CB8	507281	5695056
CB9	507445	5693378
CB10	507997	5693116
CB11	511755	5687209
CB12	512134	5686405

North Sea Power kabeltracé - Alternatief 2

Kabel C	UTM WGS84	
	X	Y
CC0	501583	5705328
CC1	504456	5702776
CC2	505649	5701201
CC3	506029	5697143
CC4	505771	5695357
CC5	505459	5693993
CC6	505686	5692786
CC7	506504	5691147
CC8	507139	5690422
CC8	508083	5689236
CC9	511343	5686290
CC10	511903	5686072

Kabel D	UTM WGS84	
	X	Y
CD1	501550	5705291
CD2	504419	5702742
CD3	505601	5701182
CD4	505979	5697145
CD5	505756	5695608
CD6	505698	5695465
CD7	505476	5694530
CD8	505458	5694242
CD9	505408	5693994
CD10	505638	5692769
CD11	506463	5691119
CD12	507100	5690390
CD13	508047	5689201
CD14	511318	5686247
CD15	511885	5686026

North Sea Power concessiegebied

Hoekpunt	UTM WGS84	
	X	Y
A'	499537	5702834
C'	495615	5706860
C	495777	5706937
D	496189	5707131
E	498126	5708550
F	498531	5709208
G	499097	5709225
H	499388	5709483
I	499935	5709995
J	500389	5710511
K	500785	5710935
L	501178	5711235
M	501745	5711531
N	502142	5711848
O	502309	5712385
P	502030	5713861
Q	505793	5710386

Bijlage 2.4.1: Brochures windturbines

Siemens Wind Turbine SWT-3.6-120

Description:

General

The following is a brief technical description of the main components of the SWT-3.6-120 wind turbine.

Rotor

The SWT-3.6-120 rotor is a three-bladed cantilevered construction, mounted upwind of the tower. The power output is controlled by pitch regulation. The rotor speed is variable and is designed to maximize the aerodynamic efficiency.

Blades

The B58 blades are made of fiberglass-reinforced epoxy in Siemens' proprietary IntegralBlade® manufacturing process. In this process the blades are cast in one piece to eliminate weaker areas at glue joints. The blades are mounted on pitch bearings and can be feathered 80 degrees for shutdown purposes. Each blade has its own independent pitching mechanism capable of feathering the blade under any operating condition. The blade pitch arrangement allows for optimization of the power output throughout the operating range, and the blades are feathered during standstill to minimize wind loads.

Rotor Hub

The rotor hub is cast in nodular cast iron and is fitted to the main shaft with a flange connection. The hub is sufficiently large to provide a comfortable working environment for two service technicians during maintenance of blade roots and pitch bearings from inside the structure.

Main Shaft and Bearing

The main shaft is forged in alloy steel and is hollow to facilitate the transfer of power and signals to the blade pitching system. The main shaft is supported by two self-aligning double spherical roller bearings which are shrunk onto the main shaft. The bearings are grease lubricated and the bearing seals are labyrinth seals.

Gearbox

The gearbox is a custom-built three-stage planetary-helical design. The first two high torque stages are of a helical planetary design. The high-speed stage is of a normal helical design and provides the offset of the high speed shaft that is needed to allow passage of power and control signals to the pitch systems.

The gearbox is shaft-mounted and the main shaft torque is transferred to the gearbox by a shrink disk connection. The gearbox is supported on the nacelle with flexible rubber bushings.

The gearbox is fitted with an oil conditioning system. All bearings are lubricated with oil fed directly from a large in-line filter and is cleaned by an off-line filter unit.

The gearbox is fitted with sensors for monitoring temperature, oil pressure and vibration levels.

Generator

The generator is a fully enclosed asynchronous generator. The generator has a squirrel-cage rotor without slip-rings. The generator rotor construction and stator winding is designed for high efficiency at partial loads. The generator is protected with thermal switches and analogue temperature measurement sensors.

The generator is fitted with a separate thermostat-controlled ventilation arrangement. Air is re-circulated internally in the generator and heat is transferred through an air-to-air heat exchanger that separates the internal environment in the generator from the ambient air.

Mechanical Brake

The mechanical brake is fitted to the gearbox high-speed shaft and has two hydraulic calipers.

Yaw System

The yaw bearing is an internally geared ball bearing fitted with a hydraulic disc brake. Six electric planetary gear motors drive the yawing.

Tower

The SWT-3.6-120 wind turbine is mounted on a tapered tubular steel tower. The tower has internal ascent and direct access to the yaw system and nacelle. It is equipped with platforms and internal electric lighting.

Controller

The wind turbine controller is a microprocessor-based industrial controller. The controller is complete with switchgear and protection devices. It is self-diagnosing and has a key board and display for easy readout of status and for adjustment of settings.

The NetConverter® power conversion system allows generator operation at variable speed, frequency and voltage while supplying power at constant frequency and voltage to the MV transformer. The power conversion system is a modular arrangement for easy maintenance and is water cooled.

SCADA

The SWT-3.6-120 wind turbine is equipped with the Siemens WebWPS SCADA system. This system offers remote control and a variety of status views and useful reports from a standard

internet web browser. The status views present information such as electrical and mechanical data, operation and fault status, meteorological data and grid station data.

Turbine Condition Monitoring

In addition to the Siemens WebWPS SCADA system, the SWT-3.6-120 wind turbine is equipped with the unique Siemens TCM condition monitoring system. This system monitors the vibration level of the main components and compares the actual vibration spectra with a set of established reference spectra. Result review, detailed analysis and reprogramming can all be carried out using a standard web browser.

Operation Systems

The wind turbine operates automatically. It is self-starting when the wind speed reaches an average of about 3 to 5 m/s (about 10 mph). The output increases approximately linearly with the wind speed until the wind speed reaches 12 to 13 m/s (about 30 mph). At this point, the power is regulated at rated power.

If the average wind speed exceeds the maximum operational limit of 25 m/s (about 56 mph), the wind turbine is shut down by feathering the blades. When the average wind speed drops back below the restart average wind speed, the systems reset automatically.

Technical description :

Rotor

Type	3-bladed, horizontal axis
Position	Upwind
Diameter	120 m
Swept area	11300 m ²
Nominal rotor speed	5-13 rpm
Power regulation	Pitch regulation with variable speed
Rotor tilt	6 degrees

Blades

Type	B58
Blade length	58.5 m
Root chord	4.2 m
Aerodynamic profile	NACA63.xxx, FFAxxx
Material	GRE
Surface gloss	Semi-mat, < 30 / ISO2813
Surface colour	Light grey, RAL 7035

Aerodynamic Brake

Type Full span pitching
Activation Active, hydraulic

Load-Supporting Parts

Hub Nodular cast iron
Main bearings Spherical roller bearings
Main shaft Alloy steel
Nacelle bed plate Cast iron

Transmission System

Coupling hub - shaft Flange
Coupling shaft – gearbox Shrink disc
Gearbox type 3-stage planetary/helical
Gearbox ratio 1 : 119
Gearbox lubrication Forced lubrication
Oil volume Approx. 750 l
Gearbox cooling Separate oil cooler
Gearbox designation PZAB 3540
Gearbox manufacturer Winergy AG
Coupling gear - generator Double flexible coupling

Mechanical Brake

Type Hydraulic disc brake
Position High speed shaft
Number of callipers 2

Generator

Type Asynchronous
Nominal power 3600 kW
Protection IP 54
Cooling Integrated heat exchanger
Insulation class F

Canopy

Type Totally enclosed
Material Steel / Aluminium
Surface gloss Semi-gloss, 30-50, ISO2813
Colour Light grey, RAL 7035

Yaw System

Type Active
Yaw bearing Internally geared ball bearing
Yaw drive Six electric gear motors
Yaw brake Active friction brake

Controller

Type	Microprocessor
SCADA system	Web WPS
Controller designation	WTC 3

Tower

Type	Cylindrical and/or tapered tubular
Hub height	90 m or site-specific
Corrosion protection	Painted
Surface gloss	Semi-gloss, 30-50, ISO2813
Colour	Light grey, RAL 7035

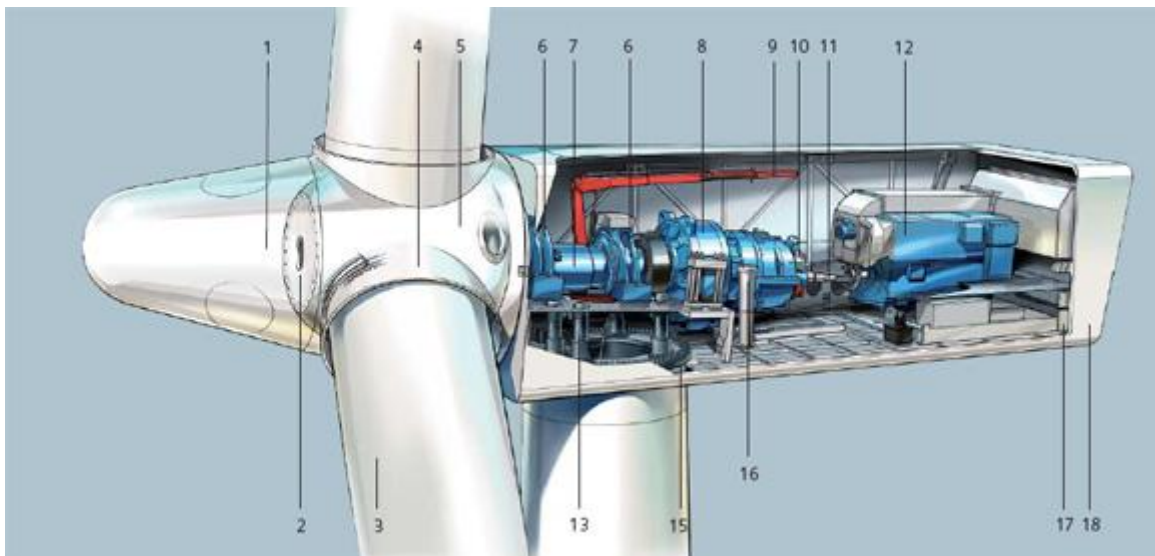
Operational Data

Cut-in wind speed	3-5 m/s
Nominal power at	12-13 m/s
Cut-out wind speed	25 m/s
Maximum 3 s gust	70 m/s (IEC version)

Weights (approximately)

Rotor	100,000 kg
Nacelle	125,000 kg
Tower for 90 m hub height	Site-specific

Design :



Spinner	10 Brake disc
2 Spinner bracket	11 Coupling
3 Blade	12 Generator
4 Pitch bearing	13 Yaw gear
5 Rotor hub	14 Tower
6 Main bearing	15 Yaw ring
7 Main shaft	16 Oil filter
8 Gearbox	17 Generator fan
9 Service crane	18 Canopy



Die Weiterentwicklung der erfolgreichen
Offshore-Anlage REpower 5M

The further development of the successful
offshore turbine REpower 5M



Die neue Offshore-Windenergieanlage REpower 6M stellt die Weiterentwicklung des erfolgreichen Vorgängermodells REpower 5M dar.

Die Entwicklung basiert auf den bekannten REpower-Qualitäten wie Servicefreundlichkeit, konservative Komponentenauslegung, Transportfähigkeit und exzellente Netzverträglichkeit mit dem klaren Fokus auf dem Einsatz in großen Offshore-Windparks.

Technische Daten

Auslegung

Nennleistung	6.150 kW
Einschaltwindgeschwindigkeit	3,5 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	Onshore 15 m/s Offshore 14 m/s
Abschaltwindgeschwindigkeit	Onshore 25,0 m/s Offshore 30,0 m/s
Windzone	DIBt 4*
	*DIN 1055-4:2005-03
Typenklasse	Offshore IEC IB, REpower S-Classes Onshore IEC IB, IEC IIA

Rotor

Durchmesser	126,0 m
Rotorfläche	12.469 m ²
Drehzahl	7,7 bis 12,1 min ⁻¹ (+15,0 %)

Rotorblatt

Länge	61,5 m
Bauart	Glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)

Windnachführung

Bauart	Außenverzahntes Vierpunktlager
Antrieb	Getriebemotoren mit Lamellenbremsen
Stabilisierung	Scheibenbremsen mit hydraulischen Bremsbacken

Getriebe

Bauart	Dreistufiges Planeten-/Stirnradgetriebe
Übersetzung	i = ca. 97

Elektrisches System

Nennleistung	6.150 kW
Nennspannung	30 kV, optional: 20 kV, 33 kV
Nennfrequenz	50 Hz
Generator	Doppelt gespeister Asynchrongenerator
Generatorschutzklasse	IP 54
Statorspannung	6,6 kV
Nenndrehzahl	1.170 min ⁻¹
Drehzahlbereich	750–1.170 min ⁻¹
Frequenzumrichter	Pulsmodulierte IGBT (wassergekühlt)
Transformator	Drei-Phasen Gießharztransformator Kühlung über Luft-Luft-Wärmeaustauscher

Leistungsregelung

Prinzip	elektrische Blattwinkelverstellung – Pitch- und Drehzahlregelung
---------	---

Turm

Nabenhöhe	Onshore 100 m, 117 m Offshore ~ 85 m - 95 m Standortabhängig
-----------	---

Sicherheitssystem

- Voneinander unabhängige elektrische Einzelblattverstellung
- Umfangreiche Temperatur- und Drehzahlsensorik in redundanter Auslegung
- Vollintegriertes Blitzschutzkonzept
- Rotorhaltebremse mit Soft-Brake-Funktion
- Automatisches Brandschutzsystem



The new REpower 6M offshore wind turbine represents the further development of the successful predecessor REpower 5M.

This development is based on well established REpower philosophies including superior service friendliness, conservative component design, ease of transportation and enhanced grid compatibility with a clear focus on the operation in big offshore wind farms.

Technical Data

Design data

Rated power	6,150 kW	Rated frequency	50 Hz
Cut-in wind speed	3.5 m/s	Generator	Asynchronous doubly-fed generator
Rated wind speed	Onshore 15 m/s Offshore 14 m/s	Generator protection class	IP 54
Cut-out wind speed	Onshore 25.0 m/s Offshore 30.0 m/s	Stator voltage	6.6 kV
Type class	Offshore IEC IB, REpower S-Classes Onshore IEC IB, IEC IIA	Rated speed	1,170 min ⁻¹
		Speed range	750–1,170 min ⁻¹
		Converter	Pulse width-modulated IGBT (water cooled)
		Transformer	Cast resin 3-phase transformer (cooling via air to air heat exchanger)

Rotor

Diameter	126.0 m
Rotor area	12,469 m ²
Rotor speed	7.7 to 12.1 rpm (+15.0 %)

Rotor blade

Length	61.5 m
Type	Glass-fibre reinforced plastics (GRP)

Yaw system

Type	Externally geared four-point bearing
Drive system	Gear motors
Stabilisation	Disc brakes

Gear system

Type	Three stage planetary/spur-gear system
Transmission ratio	i = approx. 97

Electrical system

Rated power	6,150 kW
Rated voltage	30 kV, optional: 20 kV, 33 kV

Power control

Principle	Electrical blade angle adjustment – pitch and speed control
-----------	--

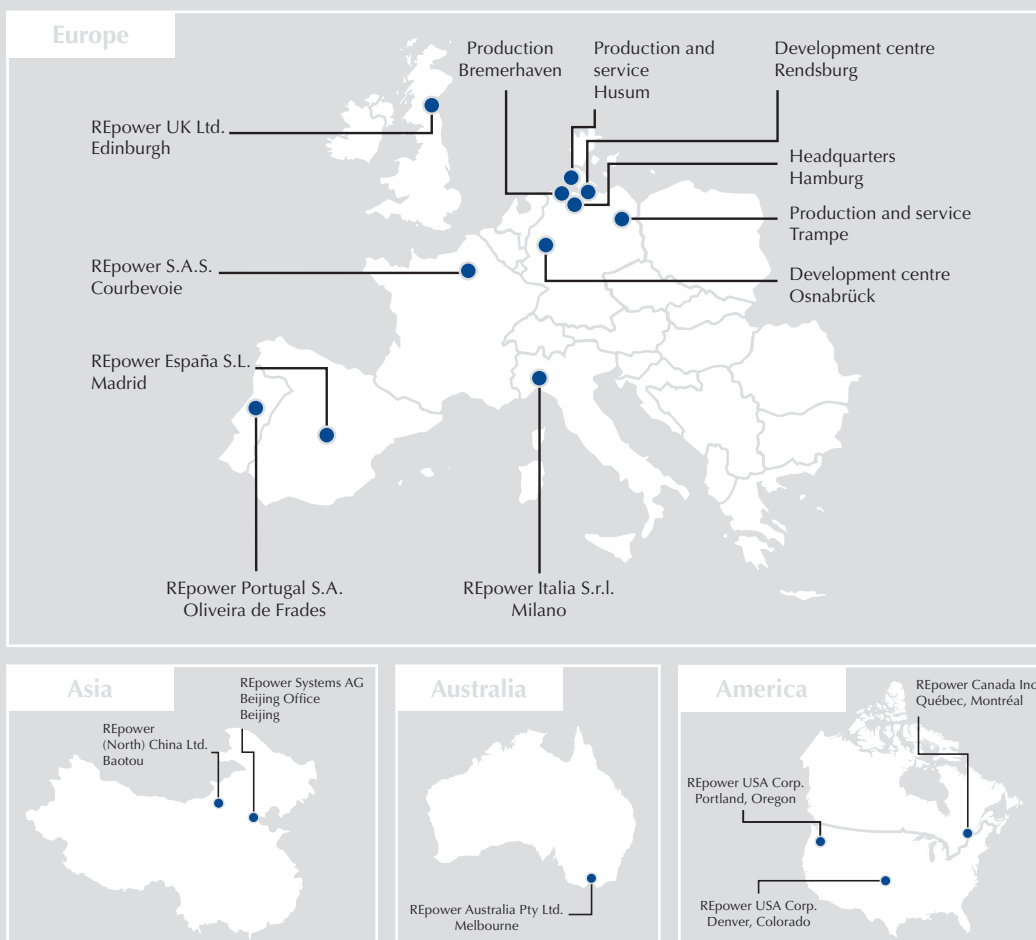
Tower

Hub height	Onshore 100 m, 117 m Offshore ~ 85 m-95 m (site specific)
------------	--

Safety system

- Individually adjustable blades (electrically controlled)
- Extensive redundant temperature and speed sensing system
- Fully integrated lightning protection
- Rotor holding brake with soft-brake function
- Automatic fire protection system

Die REpower-Vertriebsteams sind für Sie da. The REpower sales teams are always there for you.



Please visit our website: following www.repower.de ► **Company** ► **REpower Germany** or **REpower International** you can find the addresses of all our company sites.

Bitte besuchen Sie unsere Internetseite: Unter www.repower.de ► **Unternehmen** ► **REpower Deutschland** oder **REpower International** finden Sie sämtliche Adressen unserer Standorte.

Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Keine Beschaffenheitsangaben oder Garantien enthalten.
Lieferumfang ausschließlich gemäß Liefervertrag.

Subject to alteration and errors excepted. There are no statements as to consistence or guarantees. Scope of services and supply are determined exclusive by an agreement.

BRITANNIA C-150 WIND TURBINE

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT DATA SHEET

Issue 1, July 2010



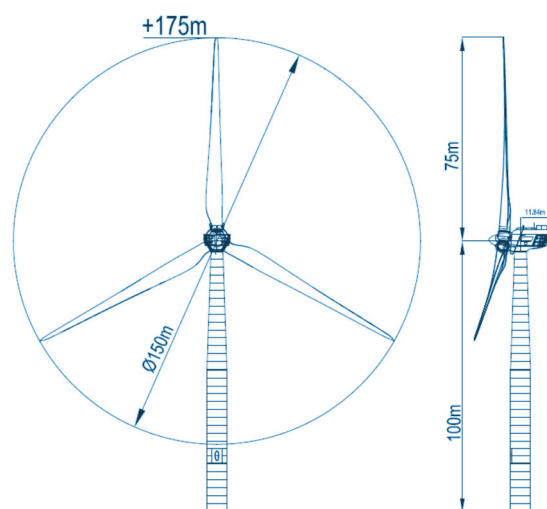
BRITANNIA C150 WIND TURBINE – ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT DATA

The C150 should be certified, thoroughly tested and production facilities on stream by 2014.

This document provides developers with the key parameters needed to evaluate the environmental impact of using this turbine, and thus allow it to be considered for deployment later without requiring a change of consent.

Clipper C150 Key Parameters

Rated Capacity	10 MW
Hub height	100 m above foundation interface
Rotor diameter	150 m
Number of Blades	3
Blade max chord	6.2 m
Blade length	71.5 m
Rotational Speed	6 – 11.5 rpm
Tower base diameter	7.3 m
Nacelle+hub(no blades)	390 tonne
3 section tower	550 tonne
Cut-in, rated, cut-out	4, 13, 25 m/s



Health, Safety & Environment

Turbine design	- IEC 61400, GL2005 offshore guidelines
Welfare	- service lift, workbench, seating, toilet and emergency accommodation
Fire protection	- isolation of transformer compartment; extinguisher system for transformer, power electrical cabinets and nacelle
Access	- separate from HV equipment, helicopter option
Equipment handling	- nacelle overhead crane with lift capacity from foundation level; special fittings to aid work in hub
Emergency	- facilities to aid; evacuation from blades, hub, nacelle tower; and for enforced stay
Navigation lights	- lights, foghorn and UPS to meet regulatory requirements
Aviation lights	- lights and UPS to meet regulatory requirements
Liquid containment	- all sources, nacelle and tower entry level, all with spill containment
Source noise level	- estimated value is 110 dB LAeq with no pure tones
Foundation	- depends very much on site, but likely to be a piled lattice jacket type

Oils and Cooling Fluids

There will be gearbox oil, hydraulic oil, grease, transformer oil and glycol-based cooling fluids all banded to catch spills.

Life Cycle Analysis

Lifetime	- 30 years
Non- recyclable	- carbon fibre, glass reinforced plastic
CO2 payback time	- similar to other turbines, estimated to be less than 1 year

Bijlage 2.6.1: Illustraties van transport en oprichtingswerken van windturbines op zee



Onshore constructie gravitaire funderingen
(bron: C-Power)



Transport van een gravitaire fundering
(bron: C-Power)



Afgezonken gravitaire funderingen (bron: C-Power)



Opvullen van een gravitaire fundering
(bron: C-Power)



Materialen voor erosiebescherming: filter layer
(bron: C-Power)



Materialen voor erosiebescherming: armour layer
(bron: C-Power)



Monopiles in de haven van Zeebrugge
(bron: www.eib.org)



Transport van een monopile (bron: www.eib.org)



Monopile, klaar om geheid te worden
(bron: www.eib.be)



Transport gondel en toren (bron: C-Power)



Montage rotor en wieken (bron: C-Power)



Montage rotor en wieken (bron: C-Power)



Montage rotor en wieken (bron: C-Power)



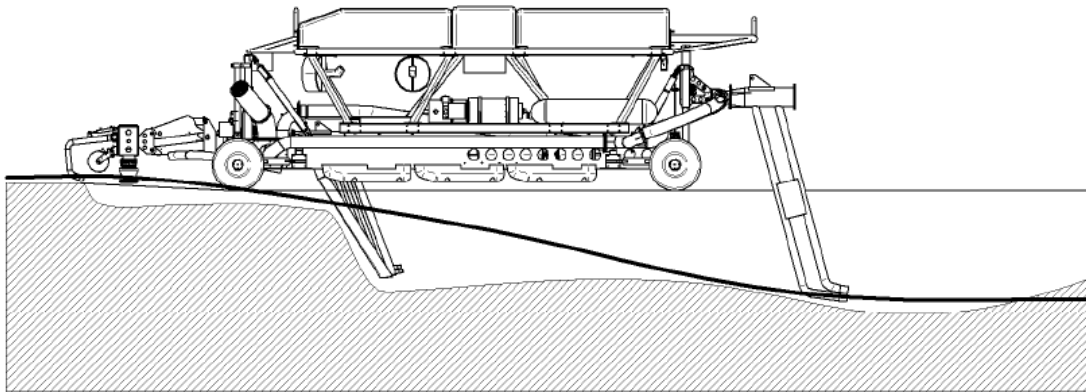
Exportkabel (bron: C-Power)



Installatie offshore hoogspanningsstation
(bron: www.iemantscom)



Kabellegschip (bron: Nexans)



Jetting machine (bron: Nexans)



Jet ploeg (bron: Oceanteam)



Aanlanding van de exportkabel (bron: Nexans)

BIJLAGEN HOOFDSTUK 4

Bijlage 4.5.1: Technische eigenschappen en geluidsspectrum van een 3,6 MW windturbine

TECHNICAL DATA

Prototype

Enron Wind 3.6

Main Data	Rotor diameter	100 m
	Rated Power	3600 kW
	Hub Height	100m
	Power control	Variable speed pitch control
Design limits	IEC Class	Ia
	Survival windspeed	70m/s
Power curve	Cut in wind speed	3.5 m/s
	Cut out wind speed	25 m/s (30 s average)
	Rated wind speed	12.5 m/s
	Cp_max	>0.41
Rotor	Number of blades	3
	Diameter	100
	Rotor speed range	8.5 – 15.3 rpm
	Rotational direction	clockwise looking downwind
	Maximum Tip speed	80,1m/s
	expected noise level	<109 dB(A)
Drive Train	Type	distributed design
	Gearbox	3 stage planetary/spur
	Output speed range	1000 – 1800 rpm
Generator	Type	4pole, form wound rotor, doubly fed, 3.3 kV AC, 50Hz
	Voltage	3.3 kV
Tower	Type	hybrid system consisting of 70m concrete pedestal and tubular steel part
Colour	blades, nacelle, tower	light grey, RAL 9018

Originator:

20.02.2001

Markus Becker

Date

Name

Signature

Approved by:

04.01.2001

Dr. A. Reuter

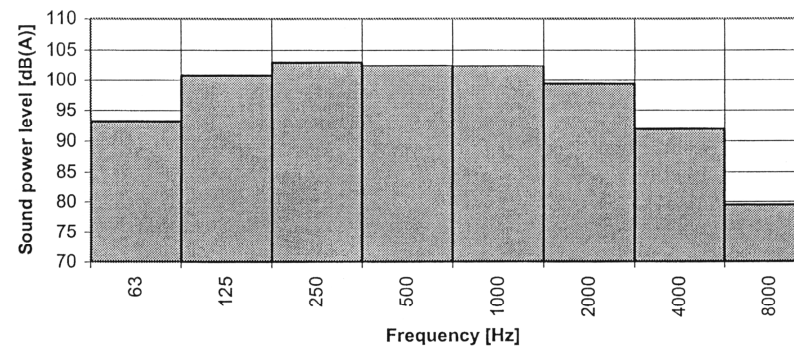
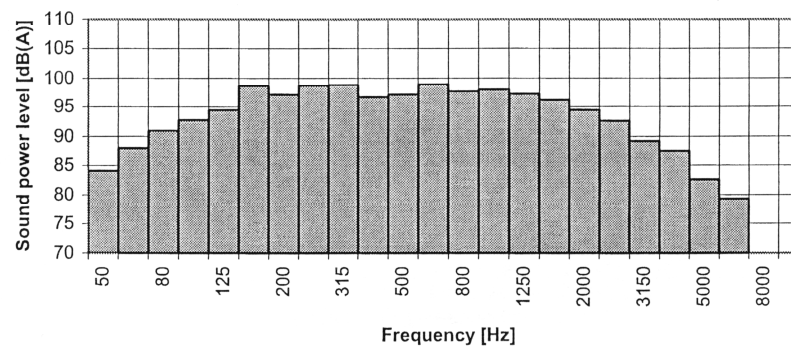
Date

Name

Signature

Working Point: 95% of the rated power

Frequency Hz	Sound power level dB(A)	Frequency Hz	Sound power level dB(A)
50	84,1		
63	87,9	63	93,3
80	91,0		
100	92,8		
125	94,5	125	100,7
160	98,6		
200	97,1		
250	98,7	250	103,0
315	98,8		
400	96,7		
500	97,1	500	102,4
630	98,9		
800	97,6		
1000	97,9	1000	102,4
1250	97,2		
1600	96,1		
2000	94,5	2000	99,4
2500	92,5		
3150	89,2		
4000	87,4	4000	91,9
5000	82,6		
6300	79,3		
8000	64,4	8000	79,5
10000	61,4		
Summe:	109,0	Summe:	109,0



**Bijlage 4.7.1: Selectie van fotosimulaties opgemaakt door
Grontmij in 2009, in het kader van de monitoring van de
effecten van offshore windparken op het landschap
(Grontmij, 2010)**



Foto 4.7.1: Simulatie van de drie gekende vergunde windparken (C-Power, Eldepasco en Belwind), standpunt op de zeedijk in Blankenberge (Bron: Grontmij, 2010)



Foto 4.7.2: Simulatie van de volledige inname van de zone voor windparken (zoals afgebakend door het KB van 17 mei 2004, ongewijzigd), standpunt op de zeedijk in Blankenberge (Bron: Grontmij, 2010)



Foto 4.7.3: Simulatie van de volledige inname van de zone voor windmolens op zee (zoals afgebakend door het KB van 17 mei 2004, ongewijzigd), zicht van op zee, standpunt op 700 m van dichtste windturbine, kijkrichting noordwesten (Bron: Grontmij, 2010)

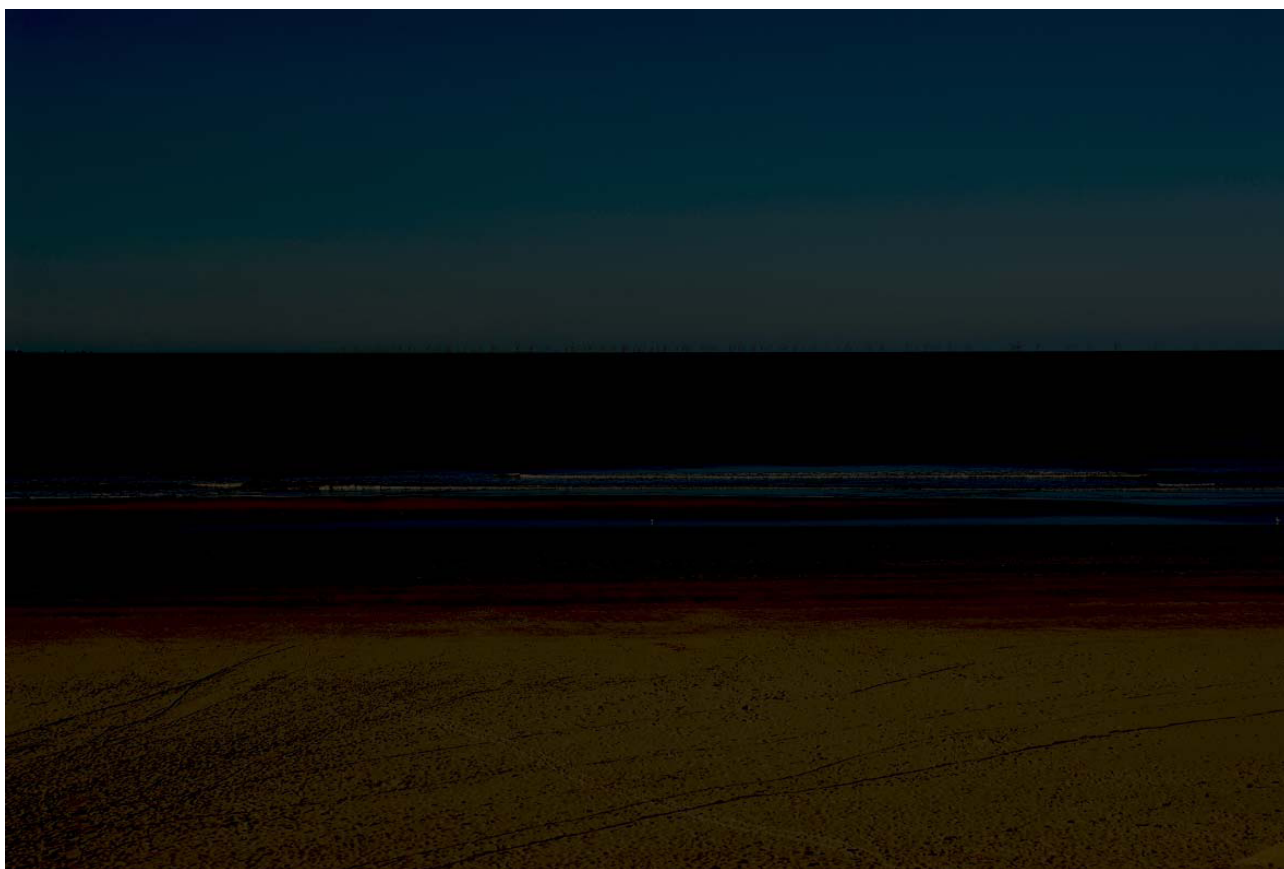
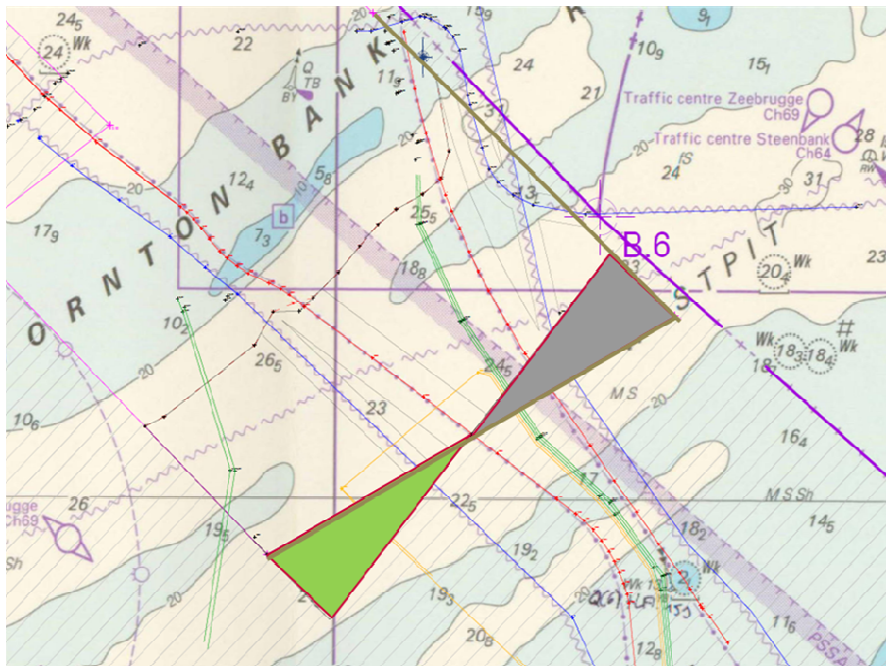


Foto 4.7.4: Simulatie van de volledige inname van de zone voor windparken (zoals afgebakend door het KB van 17 mei 2004, ongewijzigd), nachtzicht met veiligheidsverlichting, standpunt op de zeedijk in Blankenberge (Bron: Grontmij, 2010)

Bijlage 4.7.2: Visualisaties van het basiscenario (Foto's: Grontmij; Simulaties en montage: ARCADIS Nederland)

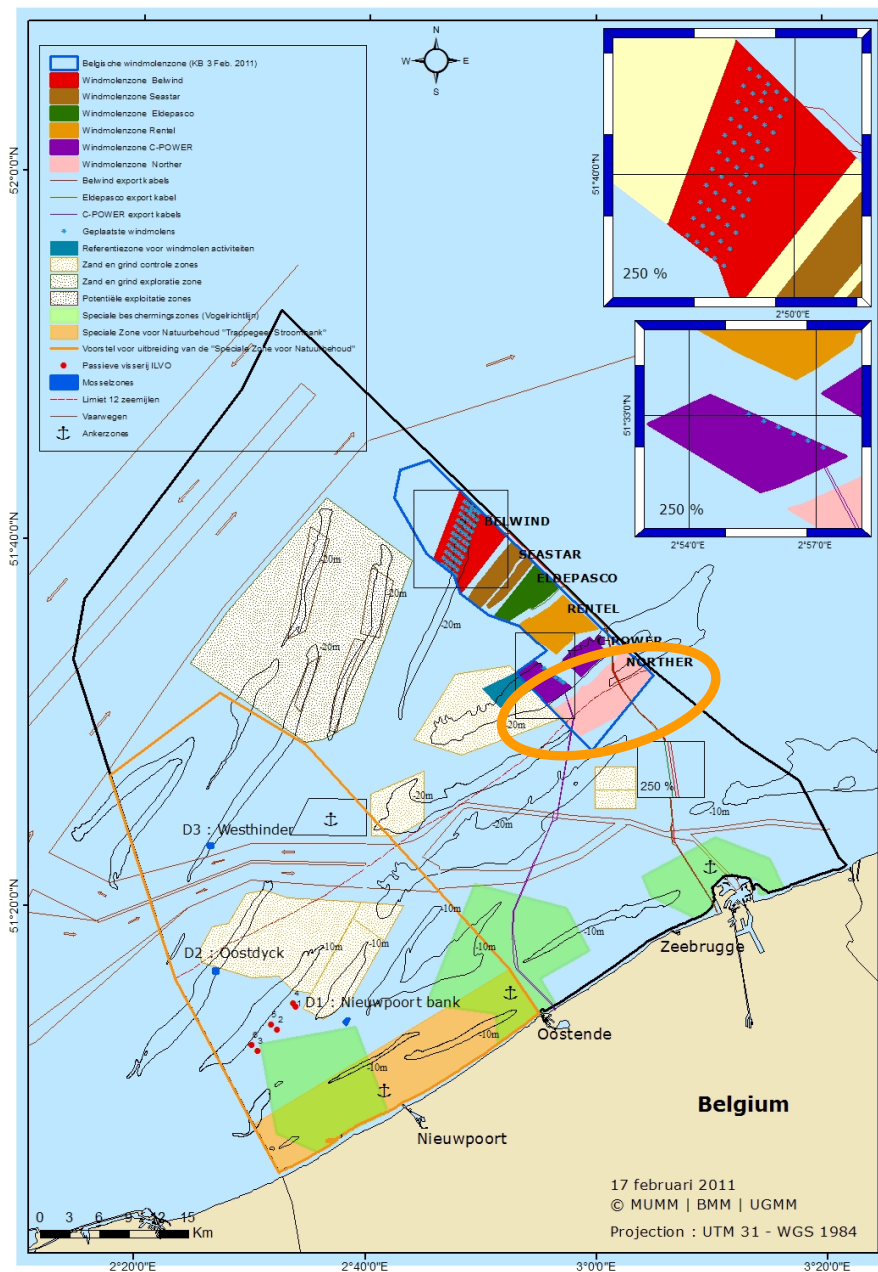
Bijlage 4.9.1: Deelstudie Radar en scheepscommunicatie – Catrysse (2011)

Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark “North Sea Power” in de zone ‘WESTPIT’ met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie



**In opdracht van Norther nv
Project North Sea Power**

Prof.dr.ir.J.Catrysse (31/03/2011)

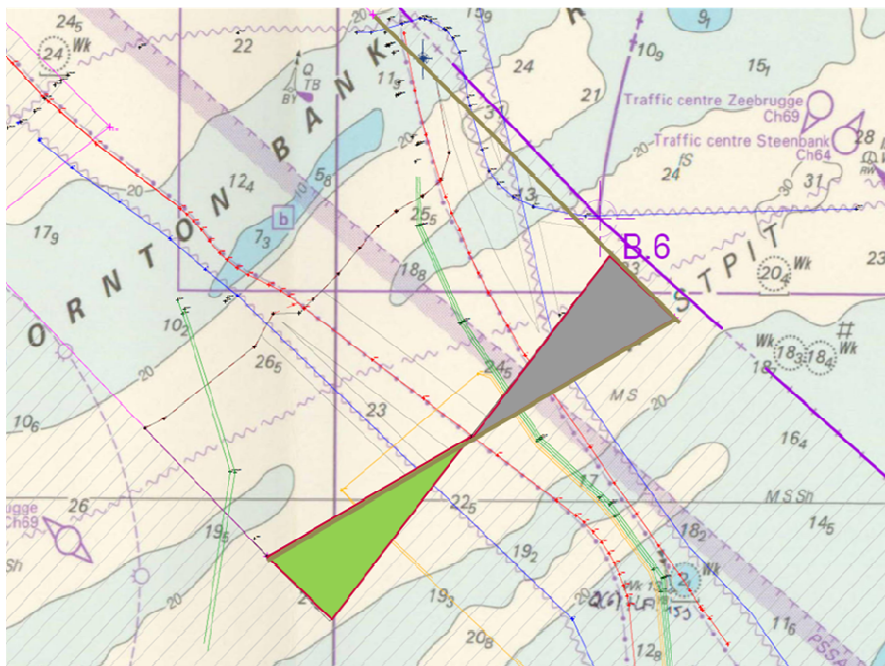


Opmerking vooraf.

Deze studie is een actualisering van een inleidende studie omtrent de mogelijke effecten op radar en radiocommunicatie, ten gevolge van de inplanting van een windturbinepark ten zuiden van de Thornton Bank, in de zogenaamde zone Westpit.

Op dit moment (maart 2011) zijn ondertussen zes windturbineparken in concessie, constructie of reeds in uitbating. Deze studie houdt dus rekening met de cumulatieve effecten tengevolge van deze windturbineparken, maar ook met de mogelijke bijkomende effecten van het project "North Sea Power" zelf.

Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark ‘North Sea Power’ in de zone ‘WESTPIT’ met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie



**In opdracht van Norther nv
Project North Sea Power**

Prof.dr.ir.J.Catrysse (31/03/2011)

Inhoudstafel

1. Inleiding

2. Situering en actuele gegevens

- 2.1. Gegevens van de radar en radarcommunicatie
- 2.2. Gegevens van de windturbines
- 2.3. Effecten van grote reflecterende voorwerpen op radiogolven

3. Effecten op diverse systemen

- 3.1. Havenradar
- 3.2. Scheepsradar

Annex: Gegevens van de SRK radars Therma 2001

Deel 1: Effecten eigen aan dit project

Algemeen

- 1.1. Havenradar
- 1.2. Scheepsradar
- 1.3. VHF marifone communicatiesystemen
- 1.4. RDF Direction finder
- 1.5. DGPS zender in Oostende
- 1.6. AIS informatiesysteem

Conclusies

Deel 2: Mogelijke cumulatieve effecten

Algemeen

- 2.1. Havenradar
- 2.2. Scheepsradar
- 2.3. VHF marifone communicatiesystemen
- 2.4. RDF Direction finder
- 2.5. DGPS zender in Oostende
- 2.6. AIS informatiesysteem

Conclusies

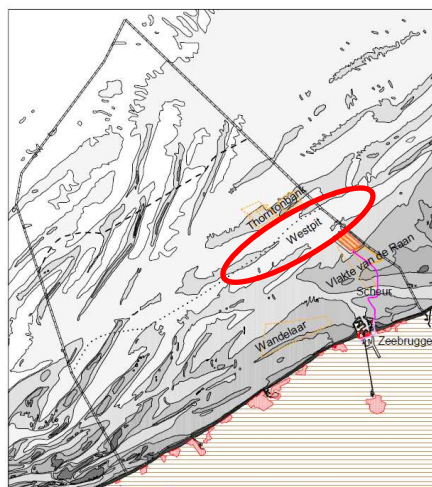
Lijst van afkortingen en referenties

Annex: Paper COST 273

Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark “North Sea Power” in de zone ‘WESTPIT’ met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

1. Inleiding.

In deze studie wordt nagegaan wat de mogelijke invloed is van de inplanting van een windmolenpark in de zone bekend als ‘Westpit’ (project North Sea Power of afgekort NSP), met betrekking tot de normale werking van SRK-radar, de veiligheid op zee en de marifone communicatiesystemen. Deze installaties worden beheerd door de Vlaams-Nederlandse instantie “Schelde Radar Keten” of SRK.



Figuur 1. Ligging van de zone ‘Westpit’

Hierbij wordt uitgegaan van de beschikbare informatie omtrent de SRK radarstations, en de stations voor radiocommunicatie.

Omdat dit project het dichtste bij de kustlijn gelegen is, wordt in een eerste deel van de studie enkel ingegaan op de effecten eigen aan de inplanting van dit park in de zone ‘Westpit’. De bijkomende of cumulatieve aspecten worden in een tweede deel van de studie besproken. De mogelijke invloed van het transformator-station wordt in deze studie niet meegenomen, aangezien de juiste inplanting binnen het windturbinepark nog niet definitief gekend is.

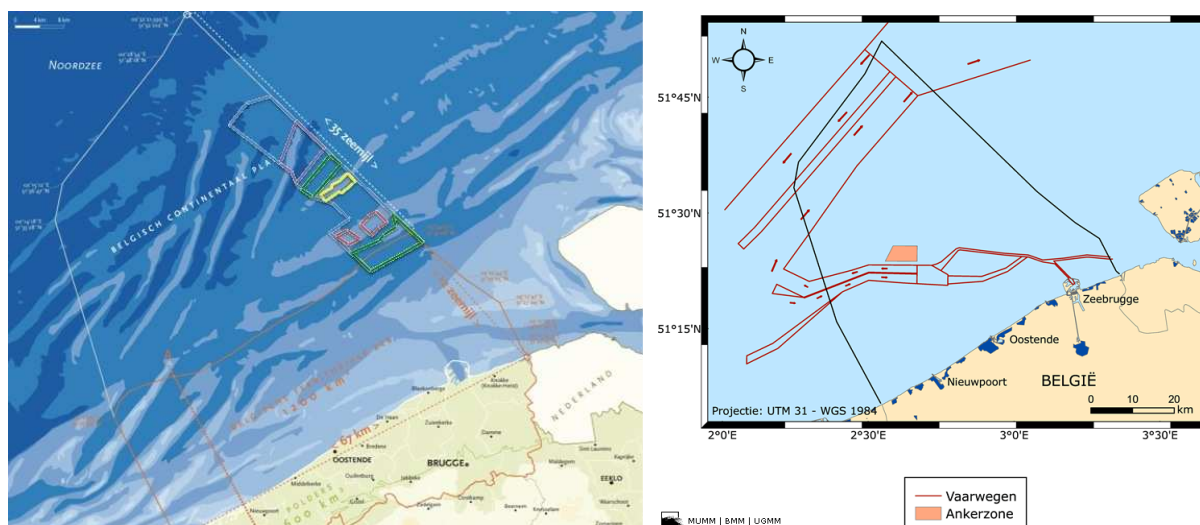
2. Situering en actuele gegevens.

Deze studie omvat de invloed van een inplanting van een windmolenpark “North Sea Power” in de zone ‘Westpit’. Deze zone bevindt zich voor de rede van Zeebrugge, tegen de grens met Nederland en op zowat 21 km van de radarinstallatie van Zeebrugge, ten zuid-zuidoosten van de Thorntonbank.

Uit de gegevens verstrekt door o.a. SRK blijkt dat er belangrijk scheepvaartverkeer plaats vindt op route naar de haven van Zeebrugge, waarbij de SRK-havenradar van Zeebrugge deze trafiek opvolgen. De zone ‘Westpit’ zelf behoort net niet meer tot het “officiële” observatiedomein van SRK, maar de mogelijke invloed van een windturbinepark in de zone “Westpit” dient toch in aanmerking te worden genomen.

De grote route van het Kanaal naar Rotterdam ligt daarentegen veel noordelijker dan de Bligh Bank, en kan helemaal niet meer opgevolgd worden door de radarstations van SRK.

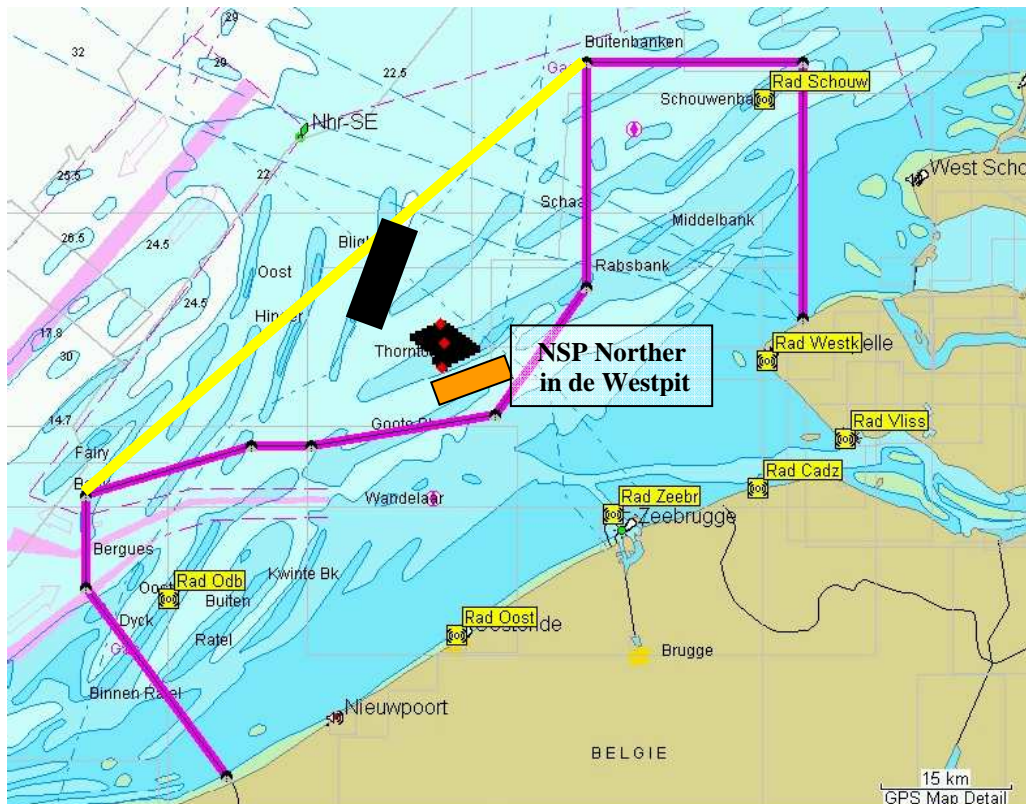
De vaarroutes nabij de kust zijn nog voor de zone ‘Westpit’ gelegen, zoals ook te zien is op de volgende figuur.



Figuur 2. Vaarroutes aan de kustlijn, tegenover de windmolenprojecten

Om een en ander duidelijker voor te stellen in het geheel van de problematiek, wordt op de volgende kaart een overzicht gegeven van:

- officiële werkingsgebied van de SRK radarobservatie
- ligging van de verschillende SRK radarstations
- off-shore parken reeds in uitvoering op de Thorntonbank en de Bligh Bank

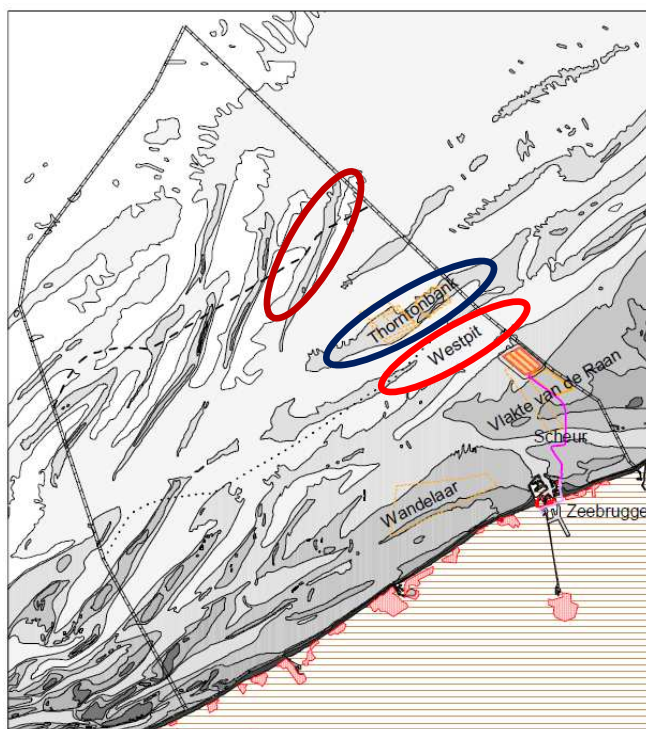


Figuur 3. Ligging van de SRK radarstations en offshore WTParken

In figuur 3 zijn verder de verschillende radarstations van de SRK keten aangegeven, evenals het normale en “officiële” werkingsgebied (paarse lijn). Het is evenwel duidelijk dat het bereik van de verschillende radarstations verder reikt dan het officieel afgebakende gebied.

Voor het gebied dat in deze studie van belang is, wordt het grensgebied van radarbereik in een vereenvoudigde vorm aangegeven door de gele lijn. Door de inplanting van de verschillende radarstations, wordt dit gebied afgedekt door minimaal twee radar-observatieposten.

Het is dus duidelijk dat scheepvaartverkeer tot achter de Thorntonbank, en zelfs nabij de Bank zonder Naam en gedeeltelijk de Bligh Bank, in de huidige situatie zonder offshore windturbineparken, op de radarschermen van Zeebrugge en Westkapelle (en gedeeltelijk Oostende) zichtbaar is voor wat de grotere schepen betreft (zie de zone afgeijnd met de gele lijn in figuur 3 en figuur 6).



Figuur 4. Ligging van de zone “Westpit”, ten opzichte van de Belgische Kustlijn

Afstand in km tot midden van	Thorntonbank	Westpit	Bligh Bank
Oostdijkbank	45,2 km	47,5 km	42,4 km
Oostende	33,9 km	32,5 km	39,6 km
Zeebrugge	25,4 km	21,5 km	38,2 km
Cadzand	39,6 km	34,5 km	50,9 km
Vlissingen	48,1 km	41,5 km	56,6 km
Westkapelle	36,7 km	30,5 km	53,7 km
Schouwenbank – gepland ?	50,9 km	34,5 km	53,7 km

Tabel 1. Afstand van SRK radarstations tot middelpunt off-shore WTParken

Bovenstaande tabel 1. geeft de afstand van de verschillende radarstations van SRK tot het midden van de twee offshore windturbineparken in uitvoering/uitbating, en het project NSP.

De radar en marifone installaties omvatten verder:

- SRK radarstations
- Scheepsradar
- VHF radiocommunicatie-stations (Very High Frequency, voor marifonie rond 160 MHz)
- RDF (Radio Direction Finder) en DGPS (Differential Global Positioning System)
- AIS (Automatic Information System)

In het eerste deel van deze studie worden enkel de effecten eigen aan de inplanting in de zone ‘Westpit’ (project NSP), in aanmerking genomen, omwille van het feit dat het project NSP het dichtst bij de kustlijn gelegen is.

Een afzonderlijke studie omtrent mogelijke cumulatieve effecten van verschillende offshore windturbine parken wordt afzonderlijk uitgevoerd in een tweede deel.

Voor het project North Sea Power (NSP) staan momenteel nog 3 varianten open, afhankelijk van het type windturbine dat zal geselecteerd worden, en waarbij rekening gehouden wordt met de optimalisatie naar wind-efficiëntie.

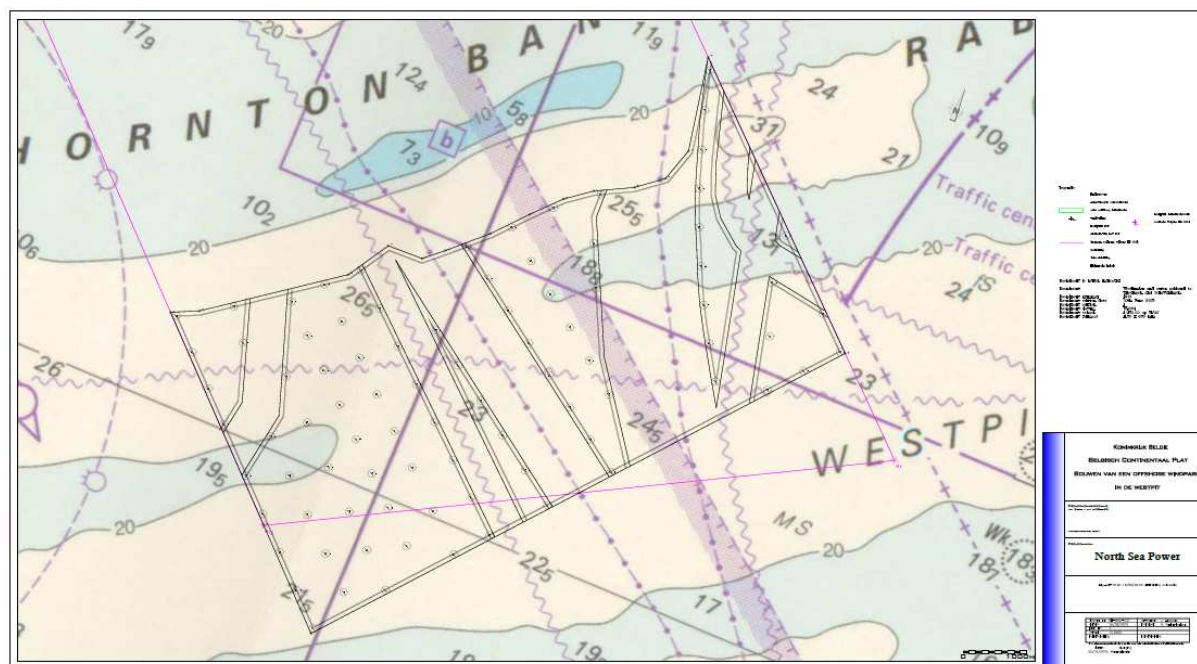
De drie varianten worden in de volgende figuren weergegeven, en betreffen rotordiameters van 120m, 130 m en 150 m. Gegeven de ligging ten opzichte van de SRK radarstations (figuur 6) en de omvang van het windturbinepark, kunnen deze verschillende inplantingen in een eerste benadering als één geheel beschouwd worden voor wat de mogelijke effecten t.o.v. de radar betreft.

Uit voorgaande studies voor SRK blijkt dat voor dergelijke grote windturbines de mast de dominante factor vormt bij marifone systemen. Dit komt hoofdzakelijk door het feit dat de verschillende systemen in een zeevaart-omgeving steeds een radiopad beslaan tegen het aardoppervlak, zodat zowel de gondel als de wieken een beduidend kleinere “effectieve radar/radio doorsnede” uitmaken dan de mast zelf, althans voor deze toepassingen.

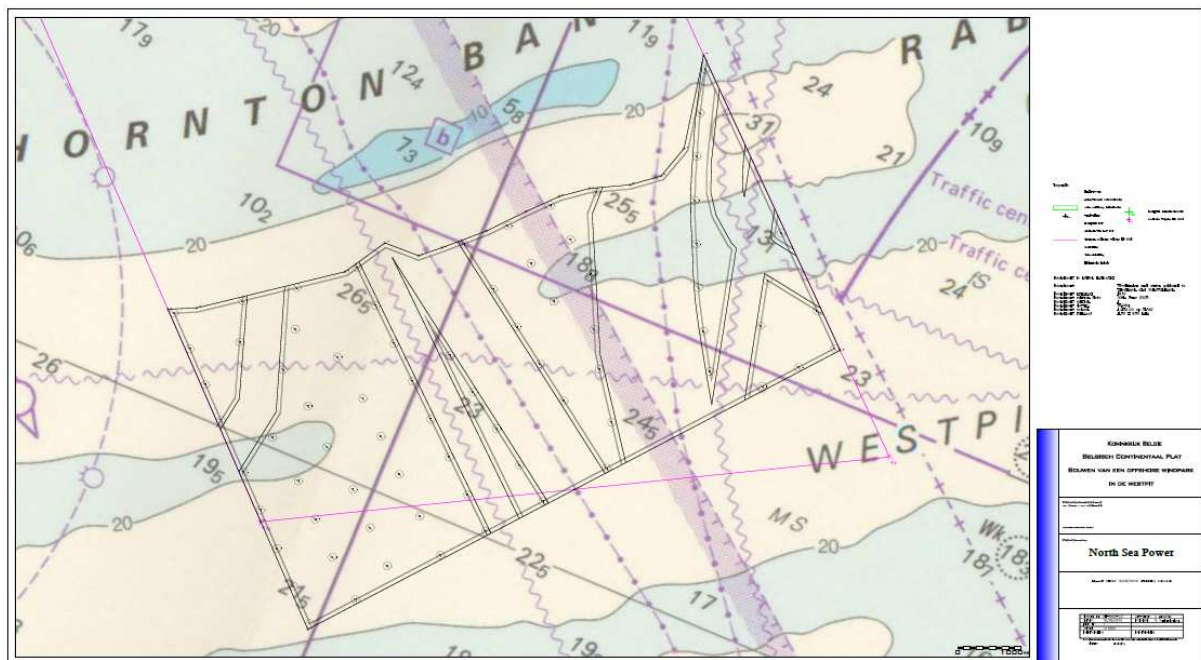
Uit voorgaande studies en beschikbare literatuur omtrent de mogelijke invloed op radarsystemen (zie ook de referentielijst), blijkt voldoende dat de mast een dominant effect met minstens 15 à 20 dB voorstelt.

Een samenvattende studie hieromtrent wordt in annex deel 2 van dit rapport toegevoegd.

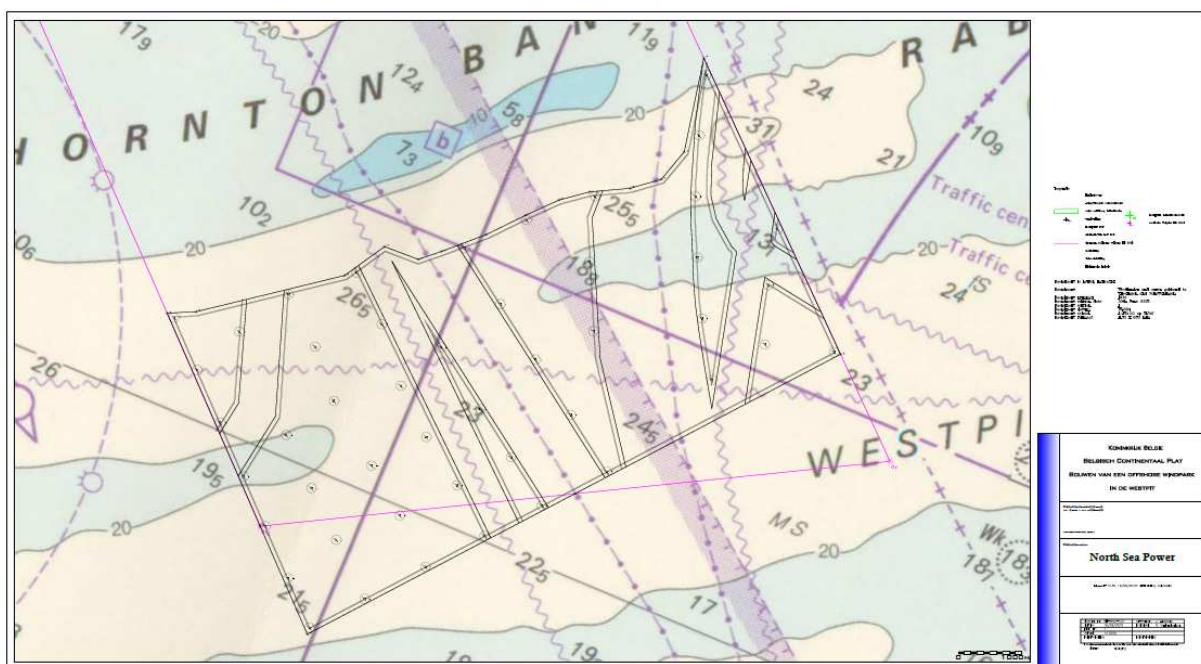
Gegeven de -3 dB openingshoek van de radarbundel en de afstand tussen de radarstations en het windturbinepark, zal de keuze van windturbine geen wezenlijk verschil uitmaken naar de mogelijke effecten in verband met zowel reflectie als mogelijke schaduwzones. De turbinemasten worden namelijk tijdens de rotatie van de radarbundel, voldoende lange tijd volledig door de bundel bestraald (zie verder).



Figuur 5a. Detailkaart van de ligging van het project NSP, windturbines rotordiameter 120 m



Figuur 5b. Detailkaart van de ligging van het project NSP, windturbines rotordiameter 130 m



Figuur 5c. Detailkaart van de ligging van het project NSP, windturbines rotordiameter 150 m

De verschillende inplanting van de verschillende types windturbines heeft enkel te maken met de windtechnische aspecten. Het is echter ook duidelijk dat de verschillende inplantingen geen enkel wezenlijk verschil zullen uitmaken tegenover de problematiek van de radarwaarnemingen en van de marifone radiocommunicatie. Daarom wordt voor de detailanalyse van deze studie enkel ingegaan op een enkele variante (rotordiameter 120 m).

2.1. Radar en radiocommunicatie.

Voor de gegevens qua inplanting, frequenties en vermogens wordt verwezen naar tabel 2 voor de radarstations en tabellen 3, 4 en 5 voor de marifone installaties en systemen.

Hierbij dient opgemerkt te worden dat het normale bereik van de SRK radar voor relatief grote schepen zowat 30 à 35 km bedraagt (en maximaal tot 42 km kan oplopen). Dit betekent dat voor deze studie hoofdzakelijk dient rekening gehouden te worden met de radarposten van Zeebrugge, Oostende, Cadzand en Westkapelle. Alhoewel de betreffende zone ‘Westpit’ niet binnen het eigenlijke werkingsgebied van VTS-SM en VTS-VK valt (zie figuur 1), wordt het scheepvaartverkeer dat Westrond-noord vaart, toch nog door de radarpost van Zeebrugge opgevolgd, en gedeeltelijk door Oostende en Westkapelle.

Voor de andere marifone systemen, dient telkens een analyse van het toepassingsgebied gemaakt te worden. Toch kan op voorhand gesteld worden dat het effectieve bereik van deze installaties op zowat 40 km dient geschat te worden, gegeven de hoogte van de antenne-masten en de kromming van de aarde.

2.1.1. Gegevens van de SRK radarstations

Radar	Type	Puls-Lengte	PRF (Hz)	Freq. (Mhz)	Antenne (CHL)	Bundel-breedte	Vermogen (kW)	Hoogte antenne (NAP)
Oostende	Terma2001	200ns	2000	9170	S38	0.25°	25	39,8 m
Zeebrugge	Terma2001	200ns	2000	9170	S38	0.25°	25	39,2 m
Zeebrugge haven	Terma2001	50ns	2400	9170	S(P)34	0.4°	25	41,5 m
Prosperpolder, Hedwigsdijk	Terma2001	50ns	2400	9170	S37	0.4°	6	24,8 m
Ballastplaat	Terma2001	50ns	2400	9065	S(P)34	0.4°	6	37,1 m
Doel, Verkortingsdijk/Scheldedijk	Terma2001	50ns	2400	9170	S(P)34	0.4°	6	30,2 m
Kruisschans	Terma2001	50ns	2400	9170	S(P)34	0.4°	25	32,0 m
Kallo	Terma2001	50ns	2400	9170	S(P)34	0.4°	6	37,8 m

Meer technische gegevens zijn in annex toegevoegd

Tabel 2. Gegevens van de SRK radarstations

Bij de uitbating van de SRK radarketen, dient ervan uitgegaan te worden dat het werkbare gebied telkens door 2 radarposten dient afgedekt te worden, dit in verband met de hoge graad van zekerheid van waarneming, die vereist wordt voor een veilig scheepvaartverkeer.

De combinatie van het beschikbaar piekvermogen, en de gevoeligheid van de ontvanger, leidt tot een theoretische reikwijdte van ongeveer 40 km. Hierbij dient nog rekening gehouden te worden met de hoogte van de antennemast, de kromming van de aarde en de grootte (RCS) van de schepen.

Dit resulteert in een realistisch bereik voor grote containerschepen van zowat 40 km (maximaal tot 50 km voor containerschepen met een zeer hoge stapeling), en voor de normale scheepvaart een bereik tussen 30 en 35-38 km.

De speling in afstand is functie van de “radardoorsnede” (RCS) van de schepen. Meestal is er een speciale reflecterende voorziening aan boord, maar dan nog speelt de hoogte van ophanging een rol in verband met de zichtbaarheid achter de horizon, wegens de kromming van de aarde.

2.1.2. Gegevens van de RDF Direction Finders

Locatie	Positie UTM (ED50)			Kanaal nr.	Frequentie (MHz)	Gevoeligheid ontvanger ($\mu\text{V/m}$)	Type antenne	diameter (m)	Hoogte (m)
	Zone	Northing	Easting						
Radarcentrale Zeebrugge	31	5690178	512902	14	156,700	3	AP 007 (32 dipolen)	6,5	43,5
				16	156,800				
				64	156,225				
				65	156,275				
				69	156,475				
Nieuwpoort	31	5667058	480651	16	156,800	3	AP 007 (32 dipolen)	6,5	33
				65	156,275				
				69	156,475				
Haamstede	31	5729312	547424	14	156,700	3	AP 007 (32 dipolen)	6,5	50
				16	156,800				
				64	156,225				

Tabel 3. Gegevens van de RDF Direction Finders

Haamstede maakt deel uit van de gemeente Schouwen-Duivenland, waarvan ook West Schouwen deel uit maakt (zie kaart van figuur 3).

Verder dient vermeld te worden dat oa. in Zeebrugge de RDF installatie (op basis van een interferometer) vernieuwd is, en waarbij het vorige type van richtingsgevoelige antennes, vervangen wordt door een Watson-Watt systeem.

De introductie van een Watson-Watt systeem heeft te maken met de beschikbaarheid van dergelijke radio-peilsystemen op de markt, waarbij gebruik gemaakt wordt van andere berekeningsalgoritmes bij de verwerking van de ontvangen signalen.

De nauwkeurigheid van de richtingsbepaling blijft hierbij behouden op 1° .

2.1.3. Gegevens van het DGPS systeem

Locatie	Positie UTM(ED50)			Kanaal nr.	Frequentie (kHz)	Range		Zend-vermogen (W)	Richting	meet-onzekerheid (σ_2)
	Zone	Northing	Easting			km	n.m.			
Oostende	31	5676572	495283	57	312,0	220	119	80	omnidirectioneel	0,142m op de baken positie

Tabel 4. Gegevens van het DGPS systeem



Figuur 7. SRK station in Zeebrugge, met radarantenne en andere marifone systemen

2.1.4. Gegevens van de marifone radiocommunicatie kanalen

Locatie	Positie UTM (ED50)			Kanaal nr.	Frequentie (MHz)	TX/ RX	Zender- vermogen (W)	Antenne- vermogen (ERP W)	Gevoeligheid ontvanger (µV)	Richting hoofdas antenne	Gain (dB)	Type antenne	Hoogte (m)
	Zone	Northing	Easting										
België													
Vuurtoren Oostende	31	5676318	495240	16	156,800	TX	27,5	16,0		344°	3	K53192	60
				29L	157,450	TX	21,5	12,0		40°	3	K53192	60
				44	160,800	TX	29,5	28,0		320°	4	K53182	62
				65	160,875	TX	32,0	25,0		320°	3	K53192	60
				67L	156,375	TX	22,0	12,5		344°	3	K53192	30
Radartoren Oostende	31	5676454	494817	16	156,800	RX			0,40	344°	3	K53192	35
				29L	157,450	RX			0,70	344°	3	K53192	35
				44	156,200	RX			1,26	344°	3	K53192	35
				65	156,275	RX			1,28	344°	3	K53192	35
				67L	156,375	RX			0,68	344°	3	K53192	35
Radartoren Zeebruggehaven	31	5688601	514053	4	160,800	TX	30,5	21,0		280°	3	K53192	50
				6	156,300	TX	14,5	2,1		338°	3	K53192	20
				8	156,400	TX	1,0	1,0		338°	3	K53192	20
				9	156,450	TX	11,5	1,75		338°	3	K53192	20
				19	161,550	TX	2,6	1,9		35°	3	K53192	45
				68	156,425	TX	0,3	-		140°	3	K53192	20
				69	156,475	TX	18,0	10,0		333°	3	K53192	25
				71	156,575	TX	1,0	0,1		338°	3	K53192	20
				93H	162,275	TX	34,0	25,0		320°	3	K53192	30
				93H	162,275	RX				0,70	320°	3	K53192
Radarcentrale Zeebrugge	31	5690178	512902	4	156,200	RX			1,29	280°	3	K53192	31
				6	156,300	RX			0,71	345°	3	K53192	15
				8	156,400	RX			0,71	345°	3	K53192	15
				9	156,450	RX			0,72	345°	3	K53192	15
				14	156,700	RX			0,70	45°	4	K53182	31
				19	156,950	RX			0,70	45°	4	K53182	31
				68	156,425	RX			0,71	140°	4	K53182	31
				69	156,475	RX			0,87	345°	3	K53192	15
				71	156,575	RX			0,72	345°	3	K53192	15
Nederland													
Vuurtoren Westkapelle	31	5708978	531112	9	156,450	TX	-	20,0		330°	-	K52322	40
				29L	157,450	TX	-	20,0		330°	-	K52322	40
				64	160,825	TX	-	20,0		330°	-	K52322	40
				67	156,375	TX	-	20,0		330°	-	K52322	40
				93H	162,275	TX	-	20,0		330°	-	K52322	40
Radartoren Westkapelle	31	5708234	530687	9	156,450	RX			0,30	330°	8	-	45
				29L	157,450	RX			0,30	330°	8	-	45
				64	156,225	RX			0,30	330°	8	-	45
				67	156,375	RX			0,30	330°	8	-	45
				93H	162,275	RX			0,30	330°	8	-	45
Bachtenreede Vlissingen	31	5699689	539595	14	156,700	TX/RX	-	3,0	0,30	210°	3,3	K52322	45
				67	156,375	TX/RX	-	3,0	0,30	210°	3,3	K52322	45
Radartoren Vlissingen	31	5699173	539900	21	161,650	TX	-	3,0		200°	-	K53192	40
				29L	157,450	TX	-	8,0		300°	-	K53182	40
				40L	158,000	TX	-	1,6		200°	-	K53192	40
				70H	160,125	TX	-	1,0		120°	-	K52322	40
				70H	161,125	TX	-	1,6		200°	-	K53192	40
				79	161,575	TX	-	12,0		300°	-	K53182	40
				93H	162,275	TX	-	1,6		200°	-	K53192	40
Radarcentrale Vlissingen	31	5699303	540690	3H	160,750	RX			0,30	120°	8	-	35
				6	156,300	RX			0,30	200°	4	-	38
				8	156,400	RX			0,30	200°	4	-	38
				9	156,450	RX			0,30	120°	8	-	35
				21	156,050	RX			0,30	200°	4	-	38
				22H	161,700	RX			0,30	120°	8	-	35
				29L	157,450	RX			0,30	300°	3	-	39
				40L	158,000	RX			0,30	200°	4	-	38
				70H	161,125	RX			0,30	120°	8	-	35
				70H	161,125	RX			0,30	200°	4	-	38
				79	156,975	RX			0,30	300°	3	-	39
				93H	162,275	RX			0,30	200°	4	-	38

Tabel 5. Gegevens van de marifone radiocommunicatie kanalen

Het is hierbij duidelijk dat er twee frequentiegroepen zijn, die in deze studie dienen in aanmerking genomen te worden voor de vaste installaties: rond 9 GHz voor de radarfrequenties en tussen 150 en 165 MHz voor de radiocommunicatie kanalen. Ook het AIS systeem gebruikt hetzelfde frequentiegebied (voorzien is 162 MHz).

2.2. Windturbines.

Op het ogenblik van deze studie is het juiste type van windturbine nog niet bekend. Toch kan ervan uitgegaan worden dat deze ongeveer de volgende kenmerken zal hebben:

- | | | |
|----------------------|---|--------------|
| - masthoogte: | 100 m (5 MW) | 125 m (7 MW) |
| - mastdiameter voet: | 6 m (5 MW) | 8 m (7 MW) |
| - mastdiameter top: | 4 m (5 MW) | 6 m (7 MW) |
| - rotordiameter: | 120 m (5 MW) | 150 m (7 MW) |
| - gondel: | 15 x 6 x 5 m (vermoedelijke afmetingen) | |
| - wieken: | kunststofmateriaal, met interne bliksemafleider | |

Uit voorgaande studies voor SRK blijkt dat voor dergelijke grote windturbines de mast de dominante factor vormt bij marifone systemen. Dit komt ondermeer door het feit dat de verschillende systemen in een zeevaart-omgeving steeds een radiopad beslaan tegen het aardoppervlak. Maar ook dat zowel de gondel als de wieken een beduidend kleinere “effectieve radar/radio doorsnede” uitmaken dan de mast zelf. Uit voorgaande studies en beschikbare literatuur omtrent de mogelijke invloed op radarsystemen, blijkt voldoende dat de mast een dominant effect met minstens 15 à 20 dB voorstelt.

Gegeven de -3 dB openingshoek van de radarbundel en de afstand tussen de radarstations en het windturbinepark, zal de keuze van windturbine geen wezenlijk verschil uitmaken naar de mogelijke effecten in verband met zowel reflectie als mogelijke schaduwzones. De turbinemasten worden namelijk tijdens de rotatie van de radarbundel, voldoende lange tijd volledig door de bundel bestraald (zie verder).

2.3. Effecten van grote reflecterende voorwerpen op radiogolven.

Grotere reflecterende voorwerpen kunnen de volgende effecten veroorzaken:

- dode zones en verzwakking van het signaal achter het voorwerp. Dit vermindert het normaal bereik van de installatie
- meervoudige reflecties, waardoor mogelijke meervoudige (foutieve) echo's ontstaan
- verzadiging van de ontvanger bij sterke reflecties op voorwerpen dichtbij het systeem
- valse echo's door multi-reflecties op andere voorwerpen (door verstrooiing)
- verlenging van de delay-spread van RF-datacommunicatie (met foutieve ontvangst data)

Deze effecten dienen uiteraard gezien te worden in het kader van de positie van zowel de radio/radar systemen en de inplanting van de windturbines. Rekening houdend met de ligging van de zone ‘Westpit’ ten opzichte van de kuststations, kan het mogelijke effect van verzadiging van de ontvanger enkel optreden in het geval van de scheepsradar.

In de volgende paragrafen worden de effecten op de diverse systemen meer in detail besproken.

3. Effecten op diverse systemen.

3.1. Havenradar.

Uit de voorgaande tabel kan men de volgende “gemiddelde” eigenschappen vooropstellen voor een radar van de SRK keten:

- zendvermogen 25 kW (piek)
- antennewinst 34,5 dBi
- zijlobe onderdrukking minimaal -27 dB
- - 3 dB openingshoek van de radarbundel: 0.25°
- hoogte 39,2 m
- minimaal detecteerbaar signaal - 99 dBm of - 129 dBW bij een pulsbreedte 200 nsec
- frequentie 9,17 GHz

Het bereik van de SRK radars komt daarbij theoretisch op 40 km bij een volledige reflectie van de radarbundel. In de praktijk zal 35 km echter een meer realistische waarde opleveren. Daarenboven dient nog rekening gehouden te worden met de kromming van het aardoppervlak. Bij een hoogte van 40 m voor de radarantenne is de horizonhoogte bereikt bij een afstand van 23 km. Indien het reflecterende voorwerp een hoogte heeft boven de zeespiegel van 15 m (wat het geval kan zijn voor grotere schepen), dan bekomt men een afstand van 36 km.

De verschillende radarposten van SRK die dienen in aanmerking genomen te worden zijn:

- Oostende, afstand ongeveer 32,5 km
- Zeebrugge, afstand ongeveer 21,5 km
- Cadzand, afstand ongeveer 34,5 km
- Vlissingen, afstand ongeveer 41,5 km
- Westkapelle (NL), afstand ongeveer 30,5 km
- Oostdijkbank (in zee), afstand ongeveer 47,5 km

Er dient dus opgemerkt te worden dat de zone ‘Westpit’ nog binnen de actieve reikwijdte ligt van de meeste actuele en geplande radarposten, specifiek voor Zeebrugge, Westkapelle, Oostende en Cadzand. Met behulp van de radarpost van Zeebrugge kan dus het scheepvaartverkeer op de route naar Zeebrugge volledig opgevolgd worden.

3.1.1. Radarbundel

Om de invloed van de radarbundelbreedte in rekening te brengen, wordt uitgegaan van de horizontale -3 dB bundelhoek. Deze bedraagt voor de radar van Zeebrugge 0.25° . Dit komt erop neer dat deze bundel zich in het horizontale vlak op een afstand van 35 km open spreidt tot een breedte van ongeveer 150 m. Een mastbreedte van gemiddeld 7 m laat dus toe om het normale diffractiemodel te hanteren, omdat de radarbundel de volledige mastbreedte gedurende voldoende lange tijd van zijn impulsperiode, zal omvatten.

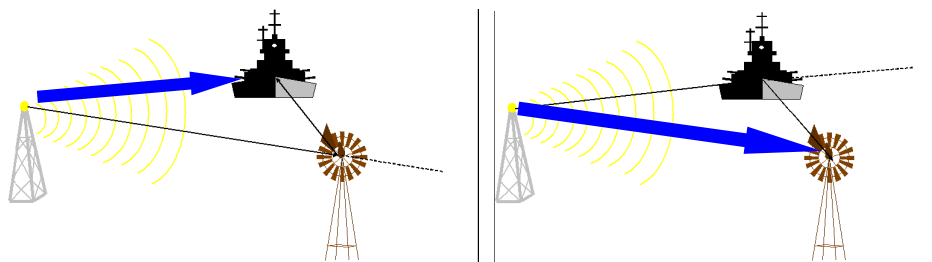
De minimale afstand tussen windturbine en radarantenne, om het diffractiemodel te kunnen toepassen, is 1125 m voor de horizontale bundel en 298 m voor de verticale bundel.

3.1.2. Schaduweffect – dode zones

Onmiddellijk achter de turbine kan een zware schaduwzone (dode zone) ontstaan, en verder (vanaf 100 à 200 m achter de turbine) zal er een zone van “verzwakt” radarsignaal ontstaan. Hierbij dient verder rekening gehouden te worden met een cumulatief effect, wanneer verschillende windturbines (of windturbineparken) op rij achter elkaar geplaatst worden.

3.1.3. Meervoudige reflecties.

Bij meervoudige reflecties kunnen valse echo's ontstaan, die aanleiding kunnen geven tot een 'virtueel' voorwerp in de lijn van het hoofdobject, maar op een andere positie.



Figuur 8. Schematische voorstelling van meervoudige reflecties

3.1.4. Veiligheid

Alhoewel deze studie specifiek gericht is op de impact van het project “North Sea Power”, dient de begeleiding van de veiligheid van het scheepvaartverkeer toch gezien te worden in een groter verband, waarbij rekening gehouden wordt met alle windturbineparken. Hiervoor wordt verder verwezen naar deel twee van deze studie.

Omwille van de bewaking en de veiligheid van de Westrond-route nabij de Bank zonder Naam en de Thorntonbank en de verder gelegen vaarroutes, de bewaking van de windturbineparken zelf, en de opvolging van scheepvaartverkeer (o.a. voor onderhoudsdoeleinden) in de onmiddellijke nabijheid van de windturbineparken zal de nodige aandacht dienen besteed te worden aan de radaropvolging van dit scheepvaartverkeer.

Omtrent de bewaking en beveiliging van windturbineparken, tonen meerdere studies aan dat bewegende vaartuigen die binnen een windturbinepark opereren toch kunnen waargenomen worden, mits een radarstation op voldoende korte afstand. Zie hiervoor de studies :

Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004

Verschillende deliverables van het project [Safety@Sea](#), dat aandacht besteedt aan de globale veiligheidsaspecten van de scheepvaart bij off-shore windturbineparken.

3.2. Scheepsradar.

Hoewel er een groot aanbod op de markt aanwezig is, kunnen toch de volgende typische kenmerken voor een scheepsradar geresumeerd worden:

- zendvermogen 10 kW (piek)
- antennewinst 30 dBi
- zijlobe onderdrukking minimaal -23 dB
- - 3 dB openingshoek van de radarbundel: 1°
- minimaal detecteerbaar signaal - 99 dBm of - 129 dBW bij een pulsbreedte 200 nsec
- frequentieband van 10 GHz

Uiteraard zullen de turbines door de boordradar van schepen in de omgeving opgemerkt worden. Daarenboven kunnen er schaduwing en dode zones onmiddellijk achter de windturbines optreden, en het optreden van meervoudige reflecties kan echter wel aanleiding geven tot valse echo's en een verkeerde beeldvorming.

3.2.1. Radarbundel

Om de invloed van de radarbundelbreedte in rekening te brengen, wordt uitgegaan van de horizontale -3 dB bundelhoek. Deze bedraagt voor een scheepsradar typisch 1° . Dit komt erop neer dat deze bundel zich in het horizontale vlak op een afstand van 1 km open spreidt tot een breedte van ongeveer 17,5 m. Een gemiddelde mastbreedte van ongeveer 7 m laat dus toch nog toe om het normale diffractiemodel te hanteren, omdat de radarbundel de volledige mastbreedte gedurende voldoende lange tijd van zijn impulsperiode, zal omvatten.

3.2.2. Schaduweffect – dode zones

Onmiddellijk achter de turbine kan een zware schaduwzone (dode zone) ontstaan, en verder (vanaf 100 à 200 m achter de turbine) zal er een zone van “verzwakt” radarsignaal ontstaan. Zeker voor de waarnemingen binnen een windturbinepark dient hierbij rekening gehouden te worden met een cumulatief effect, wanneer verschillende windturbines op een rij achter elkaar geplaatst worden.

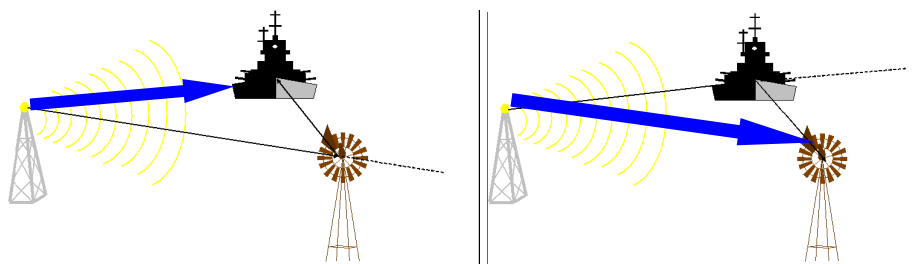
3.2.3. Meervoudige reflecties

Het optreden van mogelijke meervoudige reflecties zal hierbij direct afhankelijk zijn van de volgende parameters:

- bundelbreedte van de scheepsradar-antenne en de bijhorende antennewinst
- radardoorsnede van de windturbinemasten en andere schepen
- effectief (piek)vermogen van de scheepsradar
- minimaal detecteerbaar niveau van de boordontvanger
- afstand tussen schip en windturbines (vaarroutes liggen op een redelijke afstand van de zandbanken verwijderd)

Hierbij dient rekening gehouden te worden met twee situaties:

- reflectie windturbine/ander schip en terug naar radarantenne (links)
- reflectie ander schip/windturbine en terug naar radarantenne (rechts)



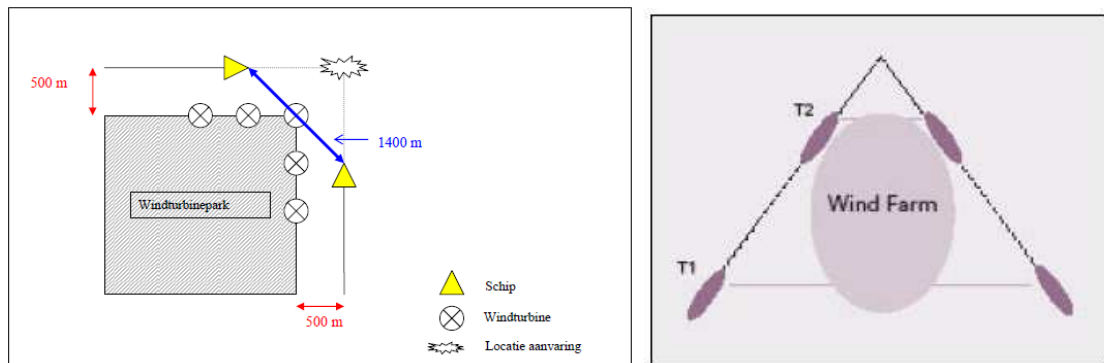
Figuur 9. Schematische voorstelling van meervoudige reflecties

De radarbundel afkomstig van een scheepsradar wordt hier telkens aangegeven door een antennemast met uitstralende bundel. In de rechtse figuur straalt deze op een windturbine, en diffracteert verder naar een tweede schip en terug naar de radarantenne. Op die manier ontstaan valse echo's, telkens achter het bestraalde object.

Er dient hier op gewezen te worden dat door de “korte” afstand tussen schip en windturbines, ook meervoudige reflecties kunnen optreden van turbine naar turbine, en terug. Alle meervoudige reflecties zijn slechts tijdelijk van aard, gezien de voortbeweging van het schip.

3.2.4. *Veiligheid*

In verband met veiligheid voor het scheepvaartverkeer van en naar de windturbineparken (onderhoudswerkzaamheden), is het van belang dat schepen die zich binnen of achter een windturbinepark bevinden kunnen waargenomen worden.



Figuur 10. Voorbeelden van beperkte zichtbaarheid rond een windturbinepark

In verband met de bewaking en de beveiliging van windturbineparken, tonen verschillende studies aan dat bewegende vaartuigen die binnen een windturbinepark opereren ook nog kunnen waargenomen worden, mits een radarstation op voldoende korte afstand. Zie hiervoor de studies :

Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentisjh Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004

Verschillende deliverables van het project [Safety@Sea](#), dat aandacht besteedt aan de globale veiligheidsaspecten van de scheepvaart bij off-shore windturbineparken.

Annex: Technische gegevens van de Therma 2001 radar van SRK

De onderstaande tabellen geven verder de technische gegevens van de radar-installaties:

Tabel: antenne S38

Polarisatie	Verticaal
Antenna gain (dB)	34,5
Azimuth beamwidth (-3 dB punten in °)	0,265
Elevation beamwidth (-3 dB punten in °)	15
Vorm	Invers cosecans kwadraat
Rotation speed (RPM)	20
Zijlobben in horizontale vlak	< -27 dB

Tabel: antenne S(P)34

Polarisatie	Verticaal
Antenna gain (dB)	34,5
Azimuth beamwidth (-3 dB punten in °)	0,55
Elevation beamwidth (-3 dB punten in °)	15
Vorm	Invers cosecans kwadraat
Rotation speed (RPM)	20
Zijlobben in horizontale vlak	< -28 dB

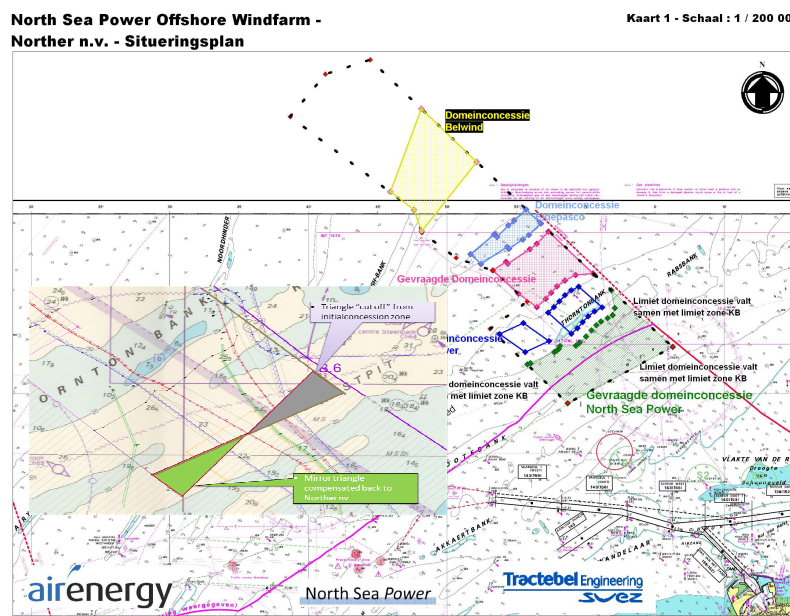
	X-band
Modulator	High Power
Pulse width, range	50-1000 ns
Nominal Magnetron Peak Power	25 kW
Peak Power over magnetron lifetime	20 kW +2/-1dB
Standard TX frequency [MHz]	9375 ±30
Alternative TX frequency [MHz]	9170 ±30
	9410 ±30
	9438 ±25
	9438 ±25
	9490 ±30

Application	Pulse	PW	PRF	IF BW
All except airport SMR	Short Pulse (SP)	50-120 ns	800-8000 Hz	20 MHz
	Medium Pulse (MP)	120-300 ns	600-3300 Hz	8 MHz
	Long Pulse (LP)	300-600 ns	400-2200 Hz	3 MHz
	Very Long Pulse (VLP)	600-1000 ns	400-1200 Hz	3 MHz

BW	Noise Floor	Tangential Meas.
3 MHz	-103 dBm	-97 dBm
8 MHz	-99 dBm	-93 dBm
20 MHz	-95 dBm	-89dBm
50 MHz	-91 dBm	-85 dBm

Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark “North Sea Power” in de zone ‘WESTPIT’ met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

Deel 1 : Effecten eigen aan dit project



In opdracht van Norther nv
Project North Sea Power

Prof.dr.ir.J.Catrysse (31/03/2011)

Studie omtrent de mogelijke invloed van een windmolenpark “North Sea Power” in de zone ‘WESTPIT’ met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

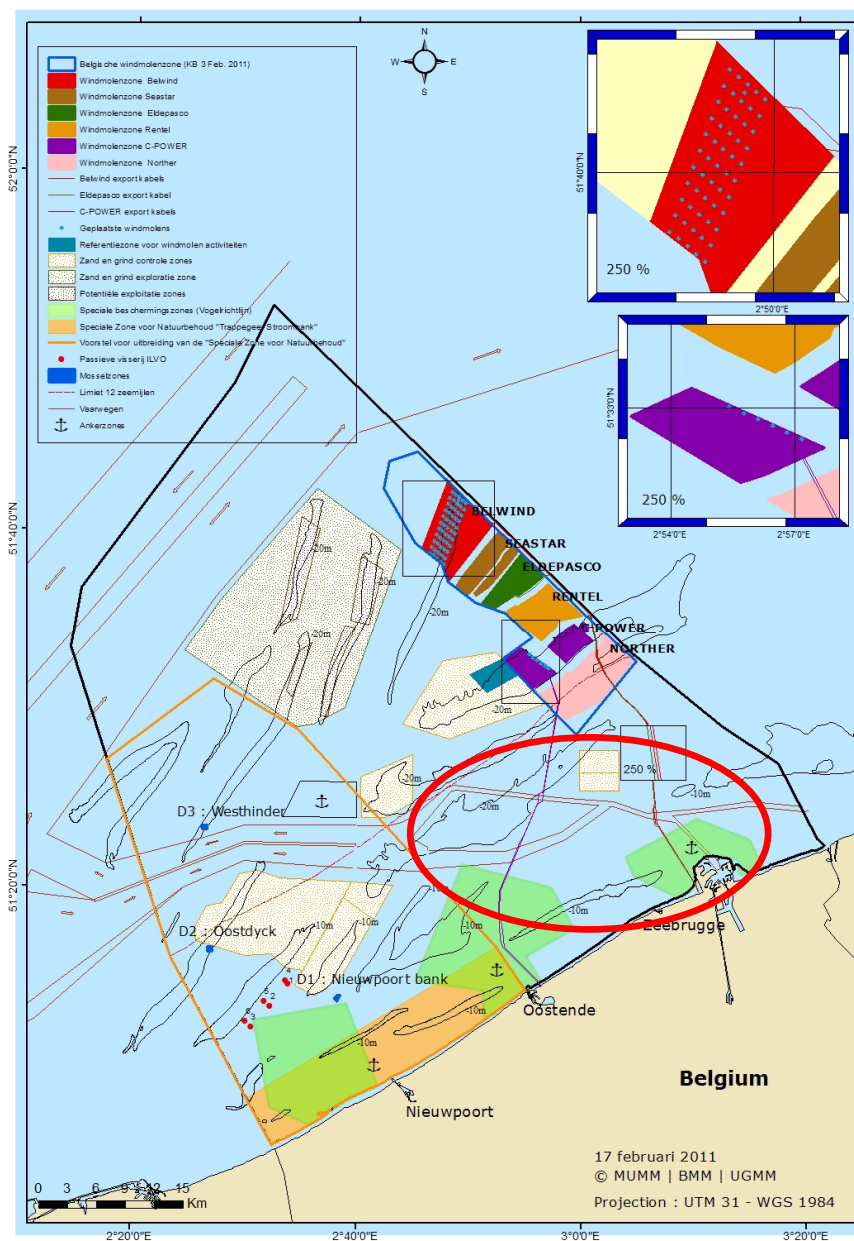
Deel 1: Effecten eigen aan dit project

Vooraf

In dit gedeelte worden een aantal effecten behandeld die eigen zijn aan dit project, en waarbij mogelijke cumulatieve effecten van andere off-shore projecten niet meespelen.

De zone “Westpit” ligt daarenboven het dichtste bij de kustlijn, en nog volledig binnen het de technische reikwijdte van de SRK radarketen.

In eerste instantie dient opgemerkt te worden dat er voor de vaarroutes die tussen de kustlijn en de Belgische windmolenzone liggen, noch voor de radaropvolging, noch voor de andere radiocommunicatiesystemen, enige invloed zal zijn.



1.1. Havenradar.

De “gemiddelde” eigenschappen voor een radar van de SRK keten worden hierbij gegeven:

- zendvermogen 25 kW (piek)
- antennewinst 34,5 dBi
- bundelbreedte 0.25°
- zijlobe onderdrukking minimaal -27 dB
- hoogte 39,2 m
- minimaal detecteerbaar signaal - 99 dBm of - 129 dBW bij een pulsbreedte 200 nsec
- frequentie 9,17 GHz

Het maximaal bereik van de SRK radars komt daarbij theoretisch op ongeveer 40 km voor grote schepen met een voldoende grote RCS waarde voor reflectie van de radarbundel. Daarenboven dient nog rekening gehouden te worden met de kromming van het aardoppervlak. Bij een hoogte van 40 m voor de radarantenne is de horizonhoogte bereikt bij een afstand van 23 km. Indien het reflecterende voorwerp een hoogte heeft boven de zeespiegel van 15 m (wat het geval kan zijn voor grotere schepen), dan bekomt men een afstand van 36 km.

De verschillende radarposten van SRK die dienen in aanmerking genomen te worden zijn:

- Oostende, afstand ongeveer 32,5 km
- Zeebrugge, afstand ongeveer 21,5 km
- Cadzand, afstand ongeveer 34,5 km
- Vlissingen, afstand ongeveer 41,5 km
- Westkapelle (NL), afstand ongeveer 30,5 km
- Oostdijkbank (in zee), afstand ongeveer 47,5 km
- Schouwenbank (in zee): afstand ongeveer 34,5 km

Er dient dus opgemerkt te worden dat de zone ‘Westpit’ nog binnen de actieve reikwijdte ligt van de meeste actuele en geplande radarposten, specifiek voor Zeebrugge, Westkapelle, Oostende en Cadzand. Met behulp van de radarpost van Zeebrugge kan ook het scheepvaartverkeer op de Westrond-noord-route nog voldoende opgevolgd worden.

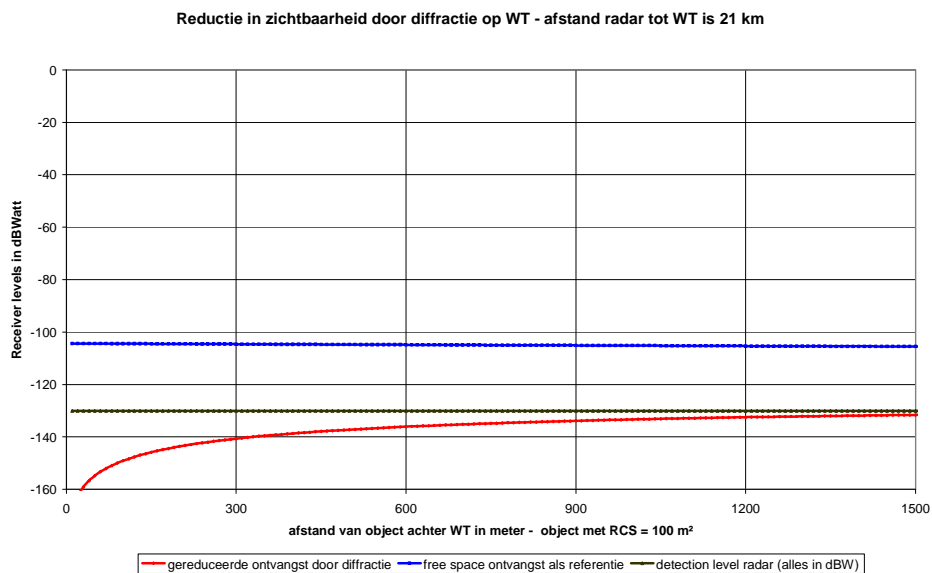
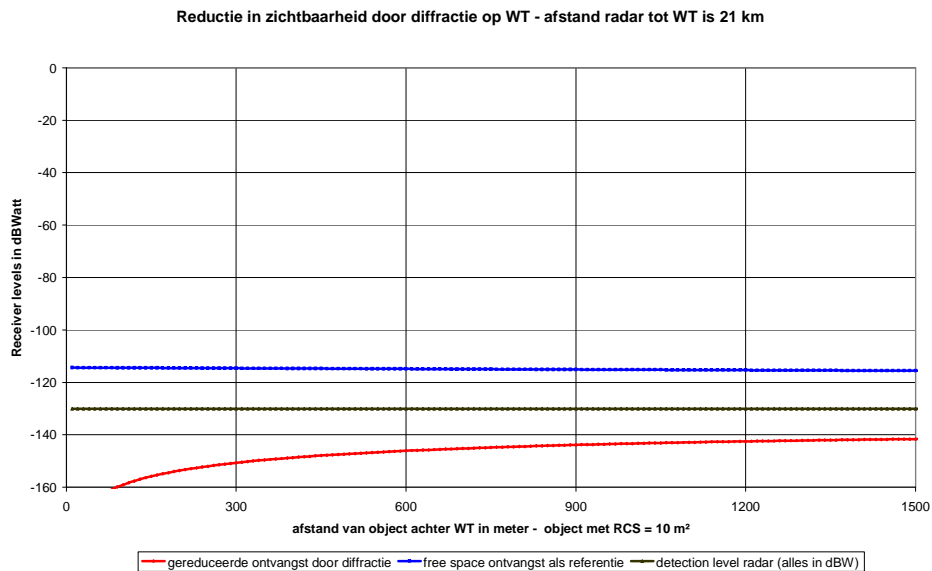
1.1.1. Radarbundel

Om de invloed van de radarbundelbreedte in rekening te brengen, wordt uitgegaan van de horizontale -3 dB bundelhoek. Deze bedraagt voor de radar van Zeebrugge 0.25° . Dit komt erop neer dat deze bundel zich in het horizontale vlak op een afstand van 21 km open spreidt tot een breedte van ongeveer 90 m en bij een afstand van 35 km tot een breedte van 150 m. Een mastbreedte van gemiddeld 5 m laat dus toe om het normale diffractiemodel te hanteren, omdat de radarbundel de volledige mastbreedte gedurende voldoende lange tijd van zijn impulsperiode, zal omvatten.

Dit houdt ook in dat enkel onmiddellijk achter de turbine een zware schaduwzone (dode zone) ontstaat, en dat verder in lijn met de windturbine (200 à 300 m achter de turbine) er een zone van “verzwakt” radarsignaal ontstaat. Wel dient rekening gehouden te worden met een cumulatief effect, wanneer verschillende windturbines op rij achter elkaar geplaatst worden.

1.1.2. Schaduweffect – dode zones

Om een idee te krijgen over deze schaduweffecten en dode zones, wordt in de volgende grafieken voor een aantal verschillende RCS waarden van schepen, het effect berekend voor een afstand tussen radar en een windturbine van 21 km (radarstation van Zeebrugge). Het is duidelijk dat kleinere schepen niet meer kunnen waargenomen worden achter de windturbines, en dat geldt specifiek voor de onderhoudsvaartuigen ($RCS = 10 \text{ m}^2$).



Figuur 1.1. Reductie van zichtbaarheid door diffractie op windturbines: schaduwing en dode zones

Uitgaande van deze detailberekening, wordt in de volgende figuren, voor de verschillende radarstations, de zones aangegeven waarbinnen deze verschijnselen van dode zone (ontvangst onder het detectielevel) en verminderd bereik voorkomen.

1.1.2.1. SRK radar van Zeebrugge

Omdat het windturbinepark “North Sea Power” in de zone ‘Westpit’ het dichtst bij de rede van Zeebrugge en binnen de radaropvolging van SRK gelegen is, zal dit project dus een zekere invloed hebben op de gevoeligheid van waarneming door het radarstation van Zeebrugge. Dit is duidelijk te zien op de volgende figuur.

Voor het gebied achter het windturbinepark “North Sea Power” dient er vanuit gegaan te worden, dat de schaduweffecten van het windturbinepark, aanleiding zullen geven tot een sterk verminderde zichtbaarheid van dit gebied.

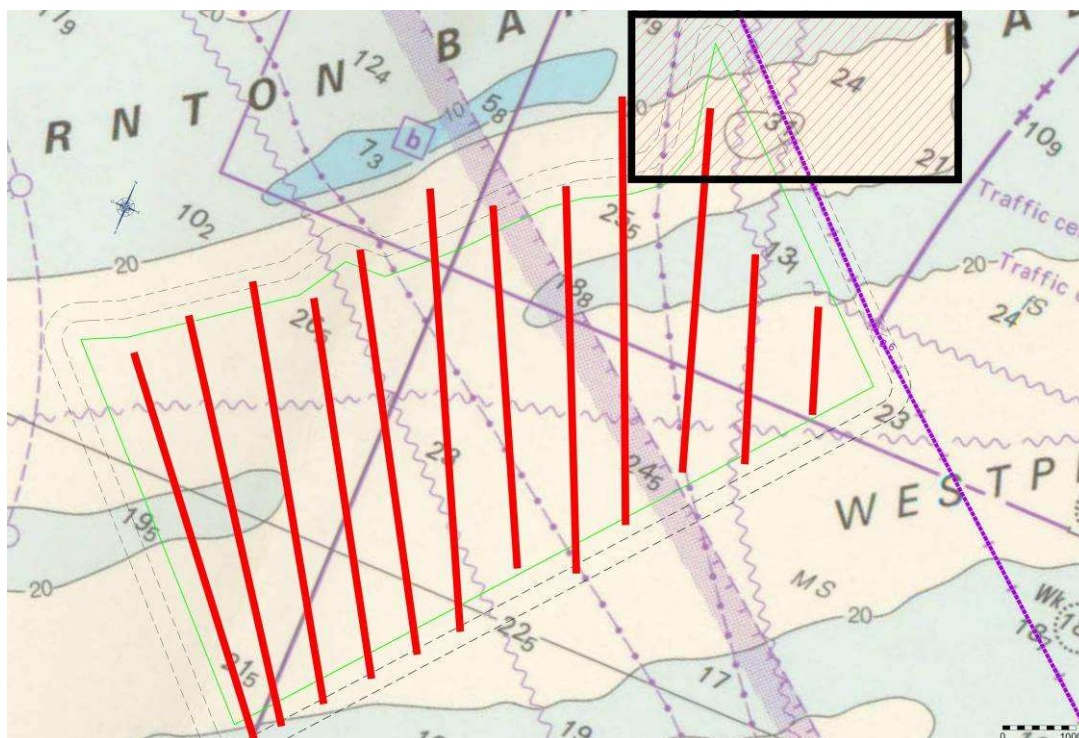
De feitelijke dode zone voor elke afzonderlijke windturbine spreidt zich daarbij uit tot hoogstens een paar honderd meter achter de turbines.



Figuur 1.2. Ligging van het project North Sea Power t.o.v. de SRK radar in Zeebrugge

Een oplijning van de windturbines ten opzichte van het SRK radarstation van Zeebrugge blijkt niet mogelijk te zijn. Als voorbeeld wordt de inplanting voor de variante NSP 120 m geschetst in de volgende figuur. Het gevolg hiervan is dat het windturbinepark “North Sea Power” zich nagenoeg als één geheel zal voordoen, met een vrij grote schaduwzone als gevolg.

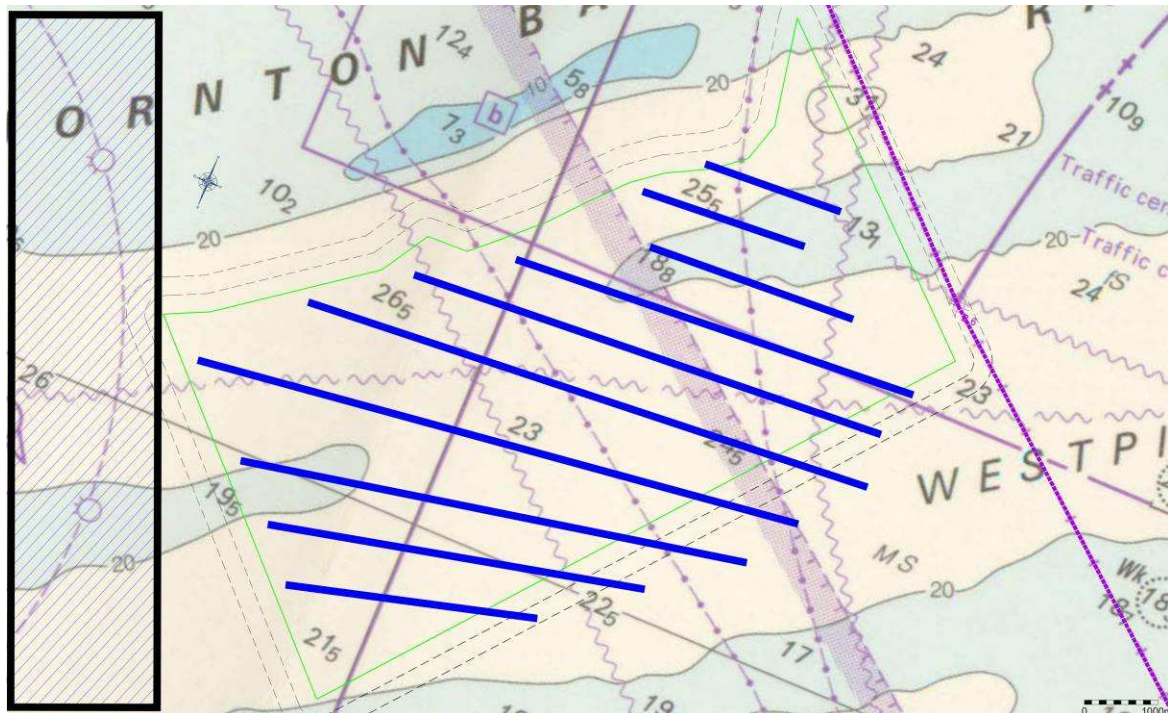
Toch is dit effect niet echt belangrijk, aangezien deze zone zich onmiddellijk achter het project zal voordoen. Dit is de Thorntonbank, waar het project C-Power in uitvoering is. Enkel een beperkt gebied in het Noord-Oosten achter de ‘Westpit’ (gebied in rode arcering aangegeven in de volgende figuur), zal hier effectief hinder van ondervinden, maar deze zone blijft afgedekt door de radarstations van Cadzand en Westkapelle.



Figuur 1.3. Schets van de schaduwzone voor de SRK radar van Zeebrugge, voor de variant NSP 120m

Het is verder duidelijk dat mogelijke andere cumulatieve en reeds aanwezige effecten door de inplanting van andere projecten ook in aanmerking dienen genomen te worden.

1.1.2.2. SRK radar van Westkapelle



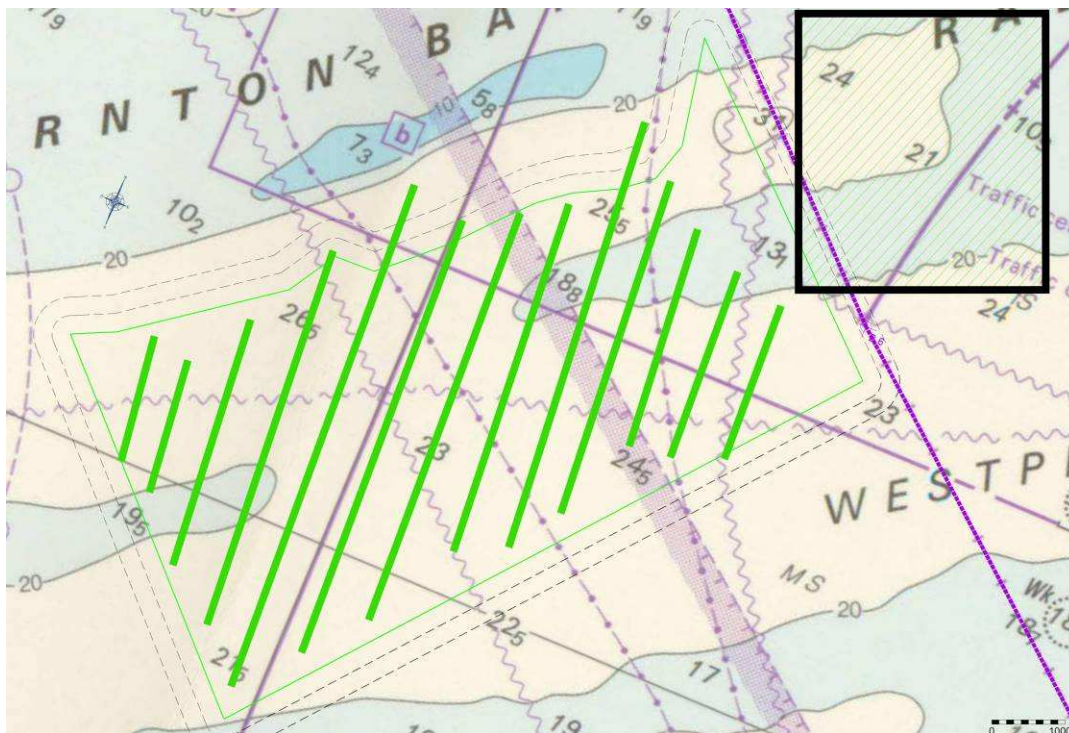
Figuur 1.4. Schets van de schaduwzone voor de SRK radar van Westkapelle, voor de variant NSP 120m

Voor het radarstation van Westkapelle kan dezelfde redenering aangehouden worden. In dit geval wordt dit echter wel een belangrijke beperking, gezien de ligging van de Westrond-route, en dit onafgezien van de mogelijke cumulatieve effecten van andere windmolenprojecten. Omdat het inplantingsplan niet is opgelijnd ten opzichte van het radarstation in Westkapelle, zal een grote schaduwzone/dode zone ontstaan aan de westelijke kant, zoals aangegeven in bovenstaande figuur.

1.1.2.3. SRK radar van Oostende

Tegenover het SRK radarstation van Oostende is een zekere oplijning van het windturbinepark “North Sea Power” mogelijk. Het mogelijke voordeel hiervan is hier echter beperkt, gezien de schaduwzone/dode zone nagenoeg volledig op de achtergelegen Thorntonbank terecht komt.

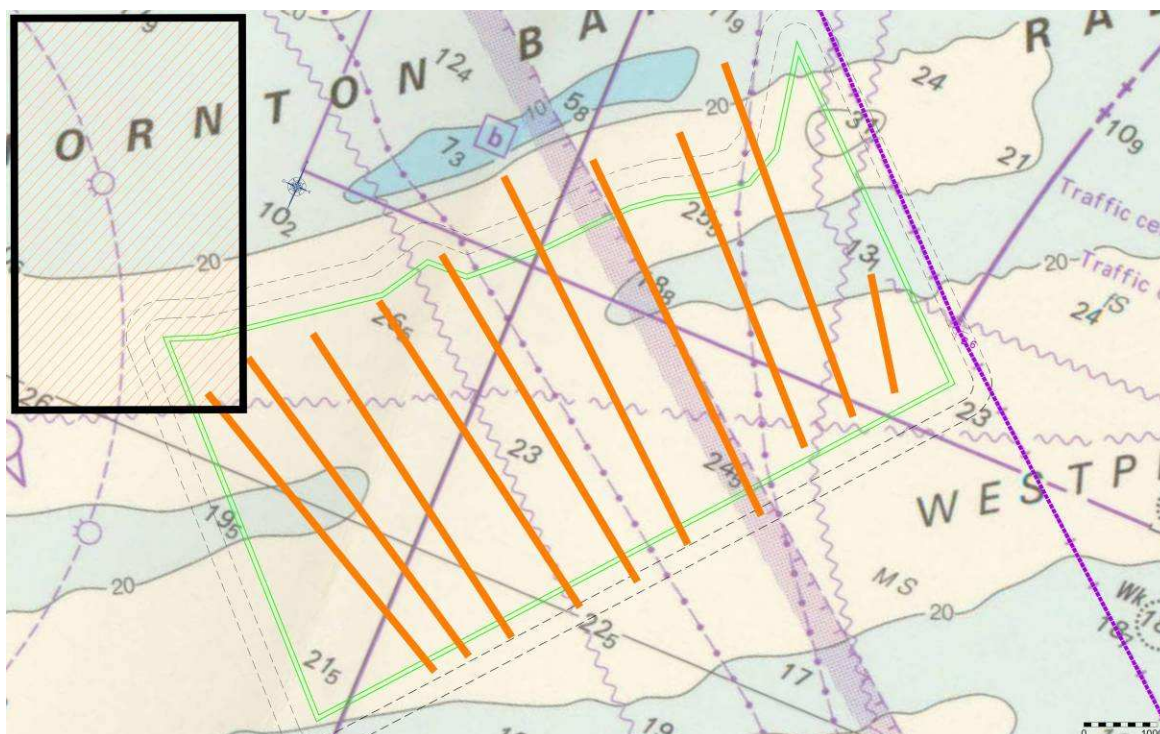
Ook hier zal er een verminderde zichtbaarheid optreden naar noord-oostelijke richting (gebied in groene arcering aangegeven in de volgende figuur). Dit vormt echter geen beperking naar de radarwaarnemingen, aangezien dit gebied voldoende wordt afgedekt door verschillende andere radarstations van de SRK keten. Deze situatie is dus niet verschillend van deze tegenover de SRK radar van Zeebrugge (zie 3.1.2.1.).



Figuur 1.5. Schets van de schaduwzone voor de SRK radar van Oostende, voor de variant NSP 120m

1.1.2.4. SRK radar van Cadzand

Voor het radarstation van Cadzand kan gelijkaardige redenering aangehouden worden. Ook hier is het inplantingsplan bijna opgelijnd ten opzichte van het radarstation in Cadzand, zodat een schaduwzone/dode zone aan de westelijke kant ontstaat (zie onderstaande figuur). Omdat de afstand reeds 34 km is, wordt de zichtbaarheid betreft aan westelijke zijde onbestaande.



Figuur 1.6. Schets van de schaduwzone voor de SRK radar van Cadzand, voor de variant NSP 120m

1.1.3. Meervoudige reflecties.

Bij meervoudige reflecties kunnen valse echo's ontstaan, die aanleiding kunnen geven tot een 'virtueel' voorwerp in de lijn van het hoofdobject, maar op een andere positie. Gezien de afstand tussen de zone 'Westpit' en de radarposten van Zeebrugge, Oostende, Cadzand en Westkapelle, dienen meervoudige reflecties tussen windturbines en radarantenne helemaal niet in aanmerking genomen te worden.

1.1.4. Veiligheid

Alhoewel dit deel van de studie specifiek gericht is op de impact van het project "North Sea Power", dient de begeleiding van de veiligheid van het scheepvaartverkeer toch gezien te worden in een groter verband, waarbij rekening gehouden wordt met alle windturbineparken. Hiervoor wordt verder verwezen naar deel twee van deze studie. Toch zal het reeds duidelijk zijn dat vooral de westelijke zijde een acuut probleem stelt en waarbij de oostelijke zijde voldoende afgedekt blijft door de SRK radar keten.

Omwille van de bewaking en de veiligheid van de Westrond-route nabij de Bank zonder Naam en de Thorntonbank en de verder gelegen vaarroutes, de bewaking van de windturbineparken zelf, en de opvolging van scheepvaartverkeer (o.a. voor onderhoudsdoeleinden) in de onmiddellijke nabijheid van alle windturbineparken zal de nodige aandacht dienen besteed te worden aan de radaropvolging van dit scheepvaartverkeer.

In verband met de bewaking en de beveiliging van windturbineparken, tonen verschillende studies aan dat bewegende vaartuigen die binnen een windturbinepark opereren ook nog kunnen waargenomen worden, mits een radarstation op voldoende korte afstand. Zie hiervoor o.a. de studies:

Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004

1.1.5. Besluit

Algemeen kan gesteld worden dat de invloed van een windturbinepark "North Sea Power" in de zone 'Westpit' in de praktijk geen invloed zal hebben op een correcte werking van de huidige radaropvolging door SRK, aangezien de inplanting buiten het officiële werkingsgebied ligt van de SRK diensten.

Evenwel is de praktijksituatie hiervan verschillend, omdat o.a. de radarposten van Zeebrugge en Westkapelle, het verderop gelegen scheepvaartverkeer van en naar de Westrond – route kunnen waarnemen en opvolgen.

Door de schaduwwerking en attenuatie van het radarsignaal, zal dit door de inplanting van diverse windturbineparken wordt dit quasi onmogelijk.

Hierbij dient echter expliciet gewezen te worden op het feit dat de inplanting van het project in uitvoering C-Power op de Thorntonbank reeds dezelfde problematiek met zich meebrengt.

De feitelijke gevolgen van de inplanting van het project "North Sea Power" zijn enkel en alleen te situeren aan de westzijde van het windturbinepark, ten gevolge van een verminderd radarbereik.

Voor de cumulatieve effecten wordt verwezen naar het tweede deel van deze studie.

1.2. Scheepsradar.

Een scheepsradar heeft een typisch de volgende kenmerken:

- zendvermogen 10 kW (piek)
- antennewinst 30 dBi
- zijlobe onderdrukking minimaal -23 dB
- - 3 dB openingshoek van de radarbundel: 1°
- minimaal detecteerbaar signaal - 99 dBm of - 129 dBW bij een pulsbreedte 200 nsec
- frequentieband van 10 GHz

Uiteraard zullen de turbines door de boordradar van schepen in de omgeving opgemerkt worden, wat alleen maar de veiligheid van de scheepvaart kan verhogen.

1.2.1. Schaduweffect en dode zones

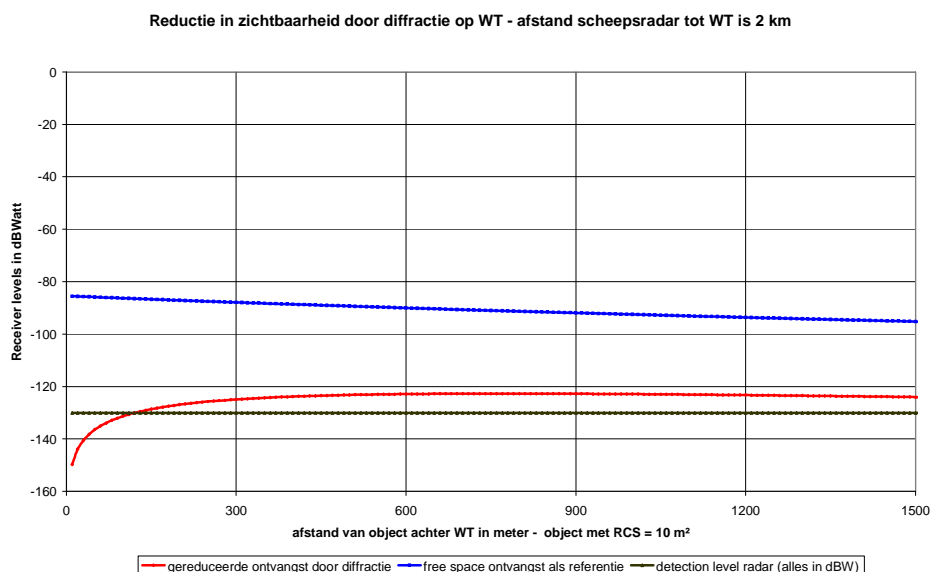
Niet alleen voor het normale scheepvaartverkeer, doch ook voor de schepen die instaan voor de onderhoudswerkzaamheden, kan het van belang zijn dat trafiek die zich in en uit een windturbinepark wil begeven, voldoende op voorhand kan waargenomen worden.

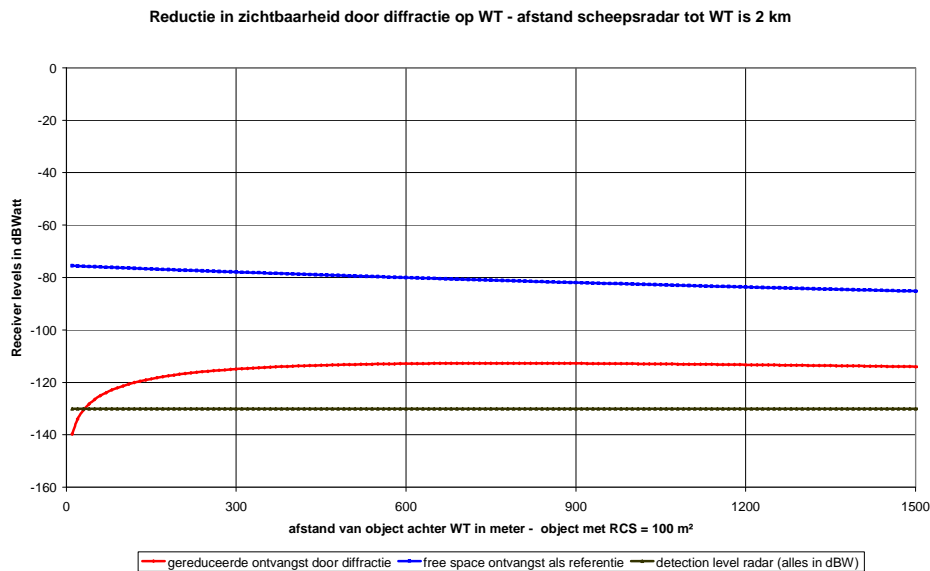
Een aantal studies uitgevoerd naar de effecten van off-shore parken voor de kust van Engeland (o.a. de monding van de Thames) geven aan dat schepen die zich binnen een windturbinepark bevinden, kunnen waargenomen worden, mits een radarstation op voldoende korte afstand.

Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

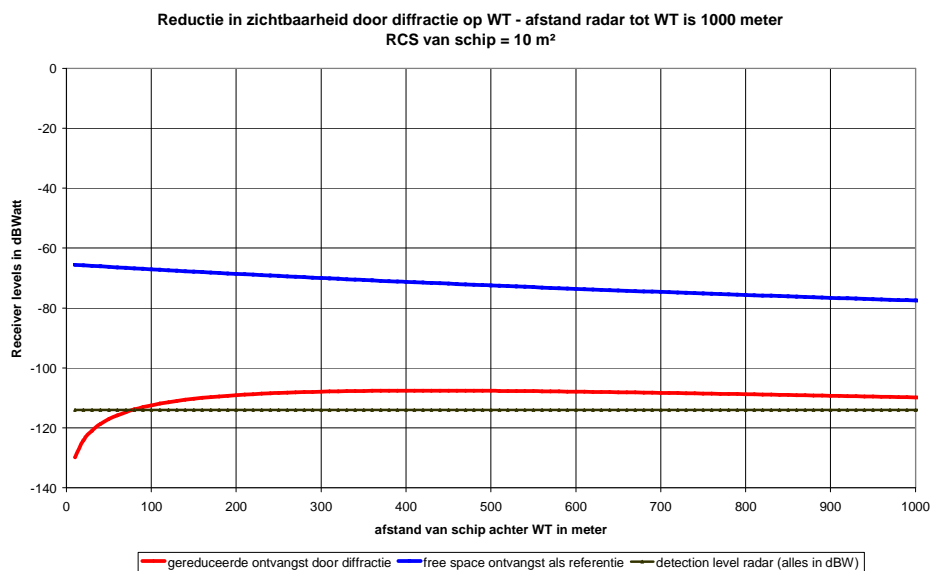
Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004

Voor een scheepsradar op een afstand van 2 km van een windturbine, kunnen dode zones en schaduweffecten ingeschat worden zoals op de volgende grafieken wordt aangegeven voor twee verschillende RCS waarden van schepen. Op te merken is dat in de scheepvaart in veel gevallen een speciale radarreflector wordt aangebracht, zodat gemakkelijk een RCS waarde van 100 m² equivalent kan bekomen worden.





Voor een scheepsradar op een afstand van slechts 1 km (1000 m) van een windturbine kan dit als volgt ingeschat worden:



Figuur 1.7. Reductie van zichtbaarheid bij scheepsradar op 1 en 2 km van de windturbines

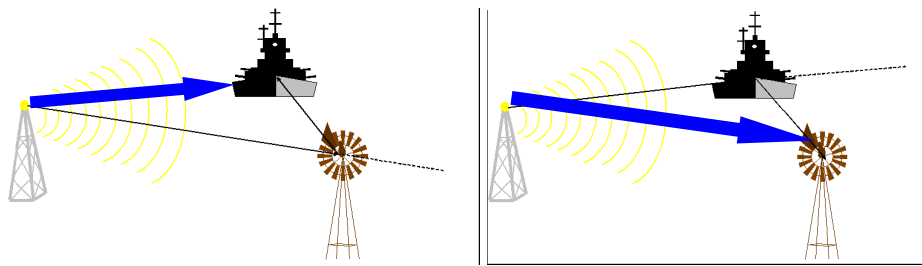
1.2.2. Meervoudige reflecties

Het optreden van mogelijke meervoudige reflecties zal hierbij direct afhankelijk zijn van de volgende parameters:

- bundelbreedte van de scheepsradar-antenne en de bijhorende antennewinst
- radardoorsnede van de windturbinemasten en andere schepen
- effectief (piek)vermogen van de scheepsradar
- minimaal detecteerbaar niveau van de boordontvanger
- afstand tussen schip en windturbines (vaarroutes liggen op een redelijke afstand van de zandbanken verwijderd)

Hierbij dient rekening gehouden te worden met twee situaties:

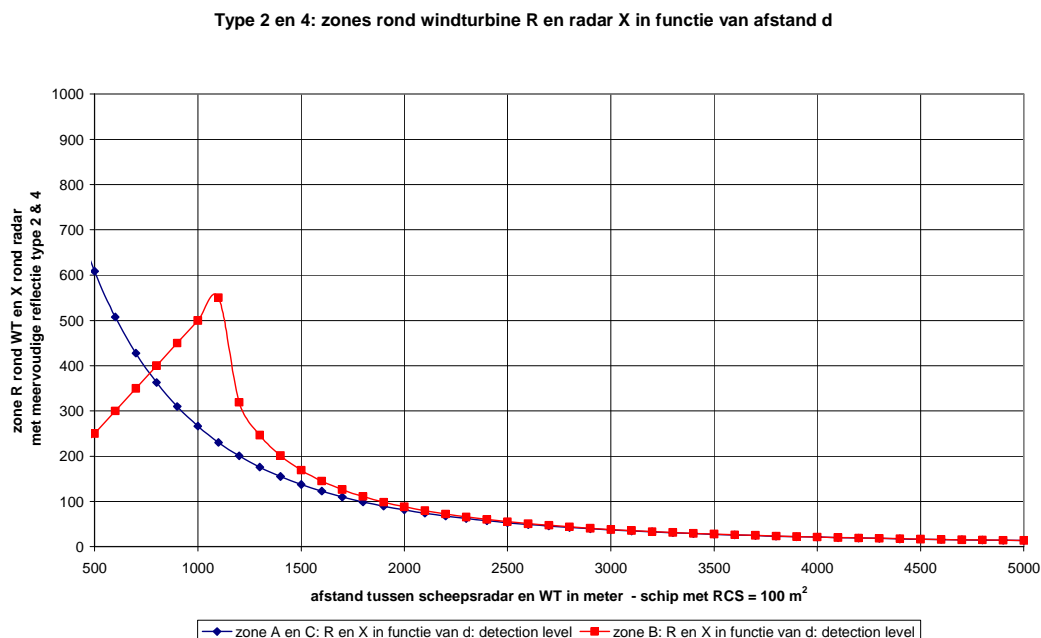
- reflectie windturbine/ander schip en terug naar radarantenne (links)
- reflectie ander schip/windturbine en terug naar radarantenne (rechts)



Figuur 1.8. Schematische voorstelling van meervoudige reflecties

De radarbundel afkomstig van een scheepsradar wordt hier telkens aangegeven door een antennemast met uitstralende bundel. In de rechtse figuur straalt deze op een windturbine, en diffracteert verder naar een tweede schip en terug naar de radarantenne. Op die manier ontstaan valse echo's, telkens achter het bestraalde object.

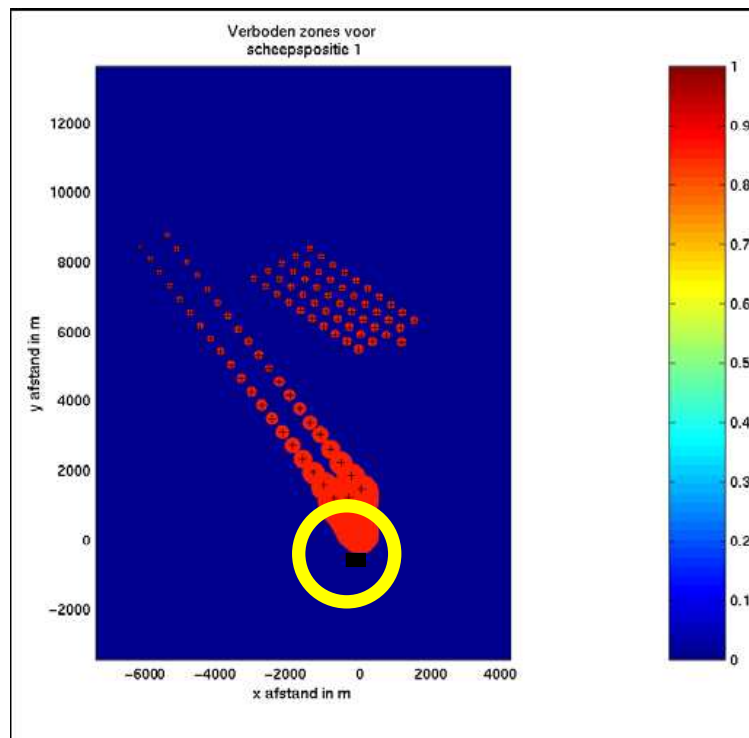
Voor meer details en berekeningsmethodes omtrent het optreden van meervoudige reflecties, wordt verwezen naar het overzichtsartikel met referentie COST 273.



Figuur 1.9. Zones waarbinnen valse echo's kunnen ontstaan, in functie van de afstand van de scheepsradar en een windturbine

Rekening houdend met het piekvermogen van een typische scheepsradar, en de bistatische RCS waarden van een windturbine en een groot schip, kan de zone waarbinnen meervoudige reflecties kunnen optreden, geschat worden tot op een afstand van 1 km (en maximaal 2 km) van het windturbinepark.

Dit blijkt ook uit een meer generieke studie (zie paper COST 273), waarbij het rode gebied de zones aangeeft waarbinnen deze meervoudige reflecties kunnen optreden: het schip met de scheepsradar wordt voorgesteld door het zwarte vierkant, en de rode zones geven telkens aan waar een tweede voorwerp een “valse echo” KAN creëren door de aanwezigheid van windturbines.



Figuur 1.10. Voorbeeld van zones met meervoudige reflecties (ref. paper COST 273)

Er dient hier op gewezen te worden dat door de “korte” afstand tussen schip en windturbines, ook meervoudige reflecties kunnen optreden van turbine naar turbine, en terug. Dit verschijnsel doet zich voor binnen een afstand van ongeveer 1 km tussen scheepsradar en windturbines. Dit is aangegeven voor het gebied aangegeven met de gele cirkel op de bovenstaande figuur. Dit kan echter wel, door maskering, aanleiding geven tot een verminderde zichtbaarheid binnenin het windturbinepark.

Alle meervoudige reflecties zijn slechts tijdelijk van aard, gezien de voortbeweging van het schip. Dergelijke ‘valse’ echo’s zullen de veiligheid echter niet direct in gevaar brengen. Ofwel worden valse beelden gecreëerd in en onmiddellijk achter het windturbinepark, ofwel in dezelfde richting als een ander schip.

Een correcte interpretatie van deze beeldvorming blijft mogelijk, omdat de valse beelden nooit optreden tussen het schip en het eerste object dat moet waargenomen worden.

1.2.3. Besluit

Meervoudige reflecties kunnen optreden binnen bepaalde zones, voor wat de waarnemingen betreft via de scheepsradar. Deze meervoudige reflecties zijn tijdelijk van aard, door de vaart van het schip. Bovendien is de kans van optreden voor de normale scheepvaart gering, gezien de beperkte zones gelegen zijn in de onmiddellijke omgeving van de windturbines.

Enkel in geval van een dichte nadering door een schip (onderhoudswerkzaamheden) dient aandacht besteed aan een verminderde zichtbaarheid binnen het windturbinepark, en aan het optreden van mogelijke meervoudige reflecties.

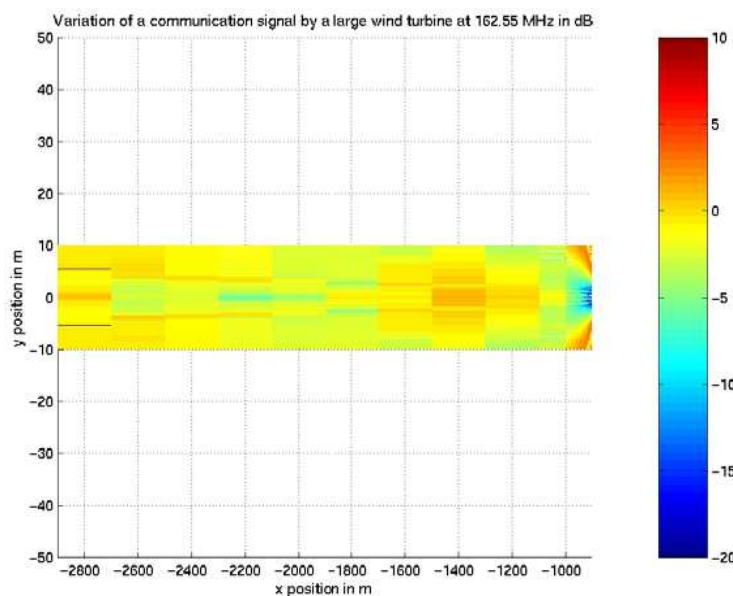
Belangrijk is hierbij op te merken dat deze verschijnselen zich ook voordoen bij het naderen van andere schepen, en dat de verschijnselen, mits een gepaste opleiding van de bemanning, herkenbaar en handelbaar blijven zonder risico voor de uiteindelijke veiligheid van het scheepvaartverkeer. Zie ook de conclusies van de studies door BWEA&DTI en QinetiQ.

1.3. VHF marifone communicatiesystemen.

1.3.1. Invloed op de VHF radiocommunicatie

Rekening houdend met de positie van de verschillende radiostations in Oostende, Zeebrugge, Vlissingen en Westkapelle (NL), kan gesteld worden dat er voor het scheepvaartverkeer op de Westrond-noord-route, een nauwkeurige simulatie van het radiopropagatiepad nodig is in het frequentiegebied van marifone communicatie rond 150 - 160 MHz. Hierbij dienen de afstand van turbine tot zowel schip als kuststation in rekening gebracht te worden.

Een typische verzwakking door één windturbine voor dit frequentiegebied, verkregen uit een dergelijke simulatie, wordt gegeven op de volgende figuur.



Figuur 1.11. Verzwakking achter een windturbine voor het frequentiegebied rond 150 MHz

De verzwakking van het VHF signaal is hierbij aangegeven, bij een afstand tussen windturbine en zendantenne van 1 km (1000 m). In de figuur wordt de x-as slechts weergegeven voor een afstand tot de zendantenne van 1100 m (of dus 100 m achter de windturbine – de zendantenne staat op een positie “0”). Het is hierbij duidelijk dat deze verzwakking slechts een paar dB kan bedragen in de directe lijn windturbine-zendantenne (de breedte van de zone is een paar 10-tal m, op de y-as af te lezen).

Ook kan gesteld worden dat een typische Fresnel-clearance zone voor het frequentiegebied rond 150 MHz een transmissiepad vereist met een vrije breedte van 100 m tot 200 m. Gezien de vrije afstanden tussen de windturbines, zal (een beperkte) communicatie doorheen het windturbinepark dus mogelijk blijven naar het gebied in en achter het windturbinepark.

Ook dient opgemerkt te worden dat, alhoewel de radioverbindingen (vermogen en gevoeligheid van de ontvangers), een bereik hebben van zowat 70 km, het echte bereik wel beperkt wordt door de kromming van de aarde. Zoals bij de havenradars, zal dus een maximaal bereik van ongeveer 40 km een betere realistische inschatting zijn.

Praktisch betekent dit dat voor de scheepvaart die zich voor de zone ‘Westpit’ bevindt, er zich geen veranderingen voordoen bij de realisatie van dit windturbinepark “North Sea Power”. Voor scheepvaart achter deze zone zal de invloed ook eerder beperkt zijn. Het gebied van mogelijk scheepvaartverkeer situeert zich achter de Thorntonbank. Gezien de afstand tussen de radiostations van Zeebrugge en Oostende tot dit gebied, situeert zich dit op de limiet van reikwijdte tot deze zones.

Voor het scheepvaartverkeer ten westen van het geplande windturbinepark “North Sea Power” blijft de radiocommunicatie naar Zeebrugge en Oostende nagenoeg ongewijzigd. Hetzelfde geldt voor de oostelijke zijde, met communicatie naar Vlissingen en Westkapelle.

1.3.2. Besluit

De inplanting van het offshore windturbinepark “North Sea Power” in de zone ‘Westpit’ zal geen noemenswaardige invloed hebben op de VHF marifone communicatiesystemen t.o.v. de huidige situatie.

1.4. RDF (Radio Direction Finder)

1.4.1. Mechanisme van RDF

Bij een RDF peilsysteem wordt een radiosignaal afkomstig van een schip, door het RDF station gecapteerd. Daartoe wordt gebruik gemaakt van een speciale (omnidirectionele) antenne, die via een gepaste signaalverwerking een richting kan peilen.

Met behulp van meerdere peilstations kan men uit het snijpunt van de verschillende peilrichtingen, de plaats van het schip bepalen.

Indien er zich in de omgeving van het rechtstreekse transmissiepad een reflecterend voorwerp bevindt, dan kan een tweede golf front de RDF antenne bereiken, en dit vanuit een andere richting en met een andere fase dan het oorspronkelijke rechtstreekse signaal. Een typische peiling duurt 5 seconden, en dus zullen beide signalen zich samen stellen tot een nieuw signaal, dat als resultante uit een andere richting kan komen.

Praktisch dient gesteld te worden dat het storend signaal voldoende amplitude moet hebben om het oorspronkelijke signaal aanzienlijk te verstoren. Dit is direct afhankelijk van de radio-doorsnede van het reflecterende voorwerp, en van de afstand van dit voorwerp tot de RDF antenne. De grootste verstoring zal bovendien voorkomen indien het storend signaal onder een hoek van 90° binnenkomt tov. het rechtstreekse signaal.

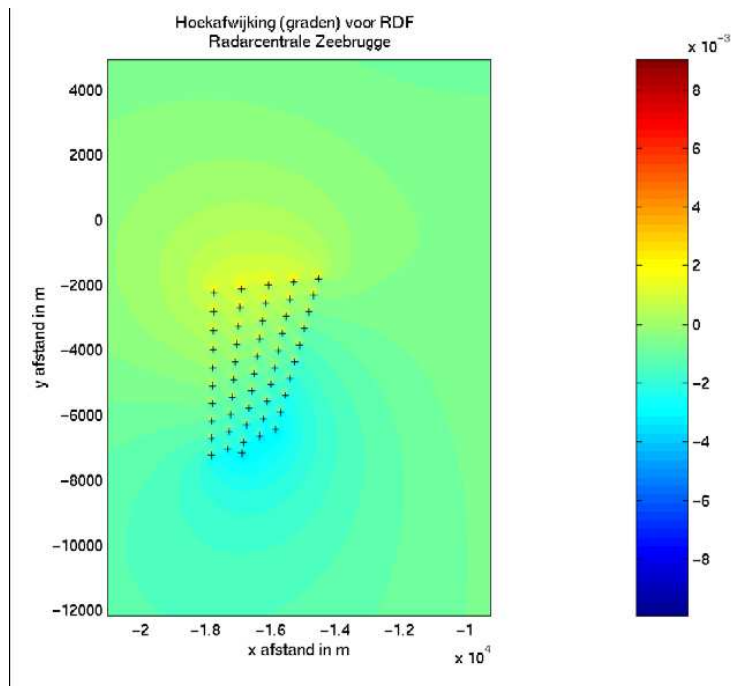
Ter illustratie wordt in de onderstaande figuur een voorbeeld gegeven van de kleine hoekverstoringen bij RDF tengevolge van een windturbinepark.

RDF stations bevinden zich in Nieuwpoort, Zeebrugge en Haamstede. En er wordt gepeild vanaf de Westhinder, Steenbank en Vlissingen.

Peilingen vanaf de Westhinder en Vlissingen zullen niet beïnvloed worden, gezien de ligging en de afstand van de ‘Westpit’ tot de RDF stations (alhoewel dit voor het station van Zeebrugge de worst case toestand van een reflectie onder 90° is).

Bij de peilingen vanuit Zeebrugge naar de Steenbank liggen rechtstreeks en gereflecteerd signaal quasi in lijn. Gegeven de relatief kleine radio-doorsnede van een windturbine en de afstand tussen de zone ‘Westpit’ en de RDF stations, is slechts een minimale invloed te verwachten. Een fout van ten hoogste 0,5° à 1° kan hierbij vooropgesteld worden.

Ook dient opgemerkt te worden dat voor het RDF station van Zeebrugge, de cumulatieve effecten van meerdere windturbineparken een rol kunnen spelen.



Figuur 1.12. Voorbeeld van de hoekverstoringen voor de RDF bij een windturbinepark

Voor alle situaties zou een nauwkeurige berekening/simulatie de bovengrens van de mogelijke foutieve richtingshoek kunnen vastleggen. Maar de maximale grootte van de fout is van die aard dat de veiligheid van het scheepvaartverkeer niet in het gedrang gebracht wordt.

1.4.2. Besluit

De mogelijke foutmarge die bij het RDF systeem kan optreden valt volledig binnen de eigen foutmarge van het RDF detectiesysteem. Evenwel zal de nodige aandacht dienen besteed te worden aan de mogelijke cumulatieve effecten van meerdere windturbineparken voor de peilrichting “noord” van het RDF station in Zeebrugge.

1.5. DGPS zender in Oostende

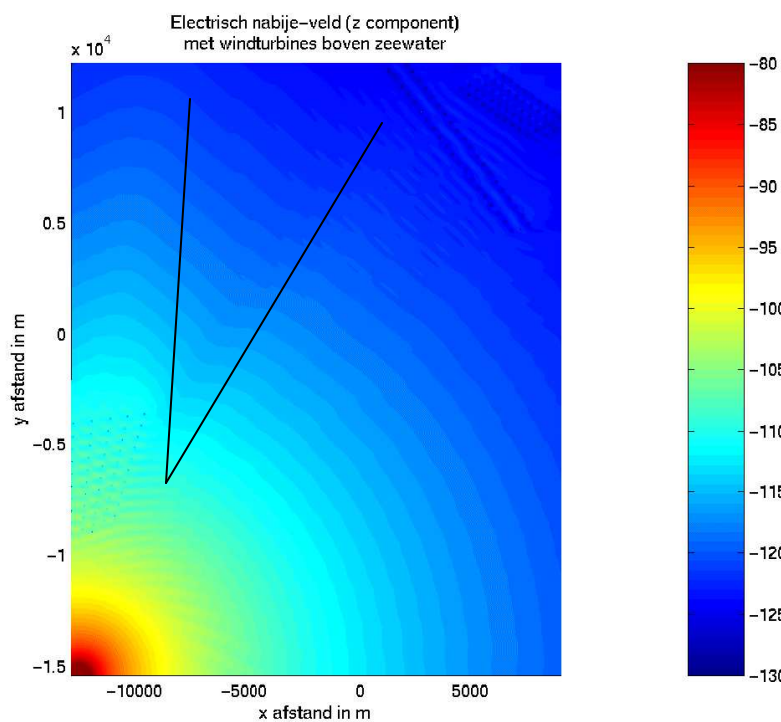
1.5.1. Bereik van het DGPS systeem bij 312 kHz

De DGPS zender in Oostende werkt op een (zeer lage) frequentie van 312 kHz (wat dus een golflengte inhoudt van 960,9 m). Dit betekent dat het windturbinepark op de ‘Westpit’ zich – naar antenne normen – bevindt in de zogenaamde zone van “nabije veld”.

Uit voorgaande studies blijkt dat de invloed van een windturbinepark binnen het nabije veld, slechts zeer minimale invloeden met zich mee brengt. Een voorbeeld is gegeven in de volgende figuur voor een concentratie met 3 turbines. Details omtrent de berekeningsmethodes (met NEC) zijn gegeven in de paper met referentie COST 273.

1.5.2. Besluit

De inplanting van het offshore windturbinepark in de ‘Westpit’ zal geen invloed hebben op het gebruik van het 312 kHz DGPS systeem.



Figuur 1.13. Voorbeeld van de kleine verstoringen op het DGPS signaal van een zender met windturbines in het nabije veld van de zendantenne.

1.6. AIS (Automatic Information System)

1.6.1. AIS systeem, en de bijhorende delay spread

AIS is een systeem van automatische informatie vergaring, dat gebruik maakt van de ‘normale’ marifone VHF kanalen 87b en 88b (rond 162 MHz) met een digitale vorm van datatransmissie. De transmissiesnelheid van de gegevens is 9600 bps baudrate.

Een dergelijke bitrate laat een delayspread van het gemoduleerde signaal toe van 104,16 μsec , zonder dat een fout bitpatroon zou gegenereerd worden.

Reflecties kunnen een tweede transmissiepad creëren, zodat dezelfde informatie tweemaal ontvangen wordt. Indien het looptijdverschil tussen beide paden te groot wordt, zal het systeem foutieve informatie capteren.

Een delay spread van 100 μsec zou een verschil in transmissieweg van 30 km toestaan.

Voor schepen in de nabijheid van het windturbinepark zal een dergelijk verschil in transmissiepad niet kunnen voorkomen.

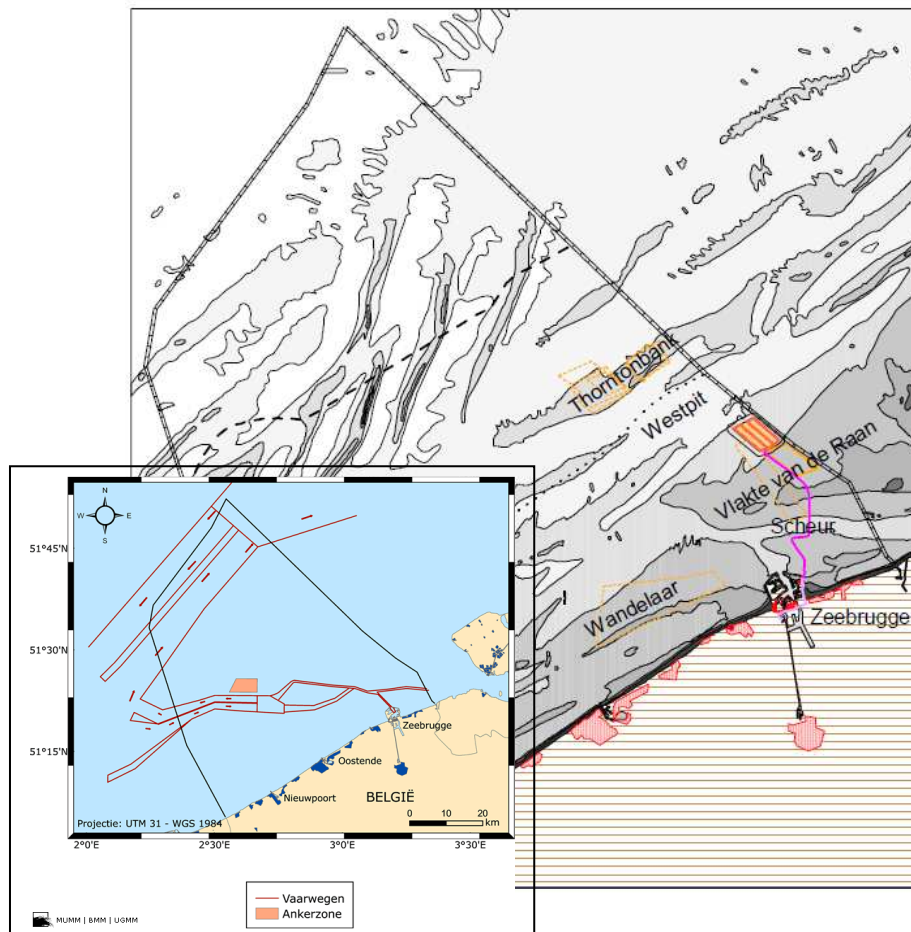
Voor schepen op een grotere afstand, waarbij dit verschijnsel toch theoretisch mogelijk zou worden, dient dan rekening gehouden te worden met het bereik van de betreffende zendinstallatie. Zodat ook deze situatie als niet realistisch dient omschreven te worden.

1.6.2. Besluit

De inplanting van het offshore windturbinepark “North Sea Powerr in de zone ‘Westpit’ zal geen invloed hebben op de datacommunicatie via het AIS systeem, voor zover het bereik en de communicatie behouden blijft. Ook hier dient aandacht besteed aan de mogelijke cumulatieve effecten van meerdere windturbineparken, zeker in de richting “noord” voor het communicatiestation in Zeebrugge.

CONCLUSIES

1. De inplanting van de windturbines binnen het project “North Sea Power” in de zone “Westpit”, zal de radaropvolging door SRK niet direct in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting buiten de reikwijdte van een aantal radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer dat zich tussen de kustlijn en deze inplanting in de zone ‘Westpit’ bevindt.



Figuur 1.14. Ligging van de scheepvaartroutes tussen de kustlijn en de ‘Westpit’

Voor het gebied achter de het windturbinepark “North Sea Power” gelegen, ontstaat voor een aantal radarstations wel een zone van schaduw en ontoereikend bereik.

Meer in detail dient echter gesteld dat het gebied in noord-oostelijke richting voldoende afgedekt blijft door een aantal SRK radarstations en dat er zich enkel naar westelijke zijde een beperking van radardekking kan voordoen, door het effect van verminderde gevoeligheid voor alle radarstations ten oosten van het windturbinepark “North Sea Power” gelegen.

Een aantal effecten zal geaccentueerd worden door de realisatie en de inplanting van andere offshore windturbineparken, waarvan sommige nu reeds in uitvoering zijn. Hierbij wordt verwezen naar de cumulatieve effecten in het tweede deel van deze studie.

Ook dient expliciet gesteld te worden dat het type windturbine geen noemenswaardige invloed zal hebben op deze situaties, alhoewel de grotere types leiden tot een meer open structuur van het windturbinepark.

2. De invloed van mogelijke meervoudige reflecties met betrekking tot de scheepsradar is voelbaar binnen een zone van zowat 1 km afstand tot het windturbinepark. Toch is het duidelijk dat mogelijke meervoudige reflecties geen a priori gevaarlijke situaties zullen opleveren, en meestal slechts een vals beeld binnen of in de onmiddellijke nabijheid van het park zullen opleveren. Er zal nooit een valse echo kunnen optreden, waarbij een vals beeld gevormd wordt tussen het schip en het eerste object in de nabijheid van het schip.

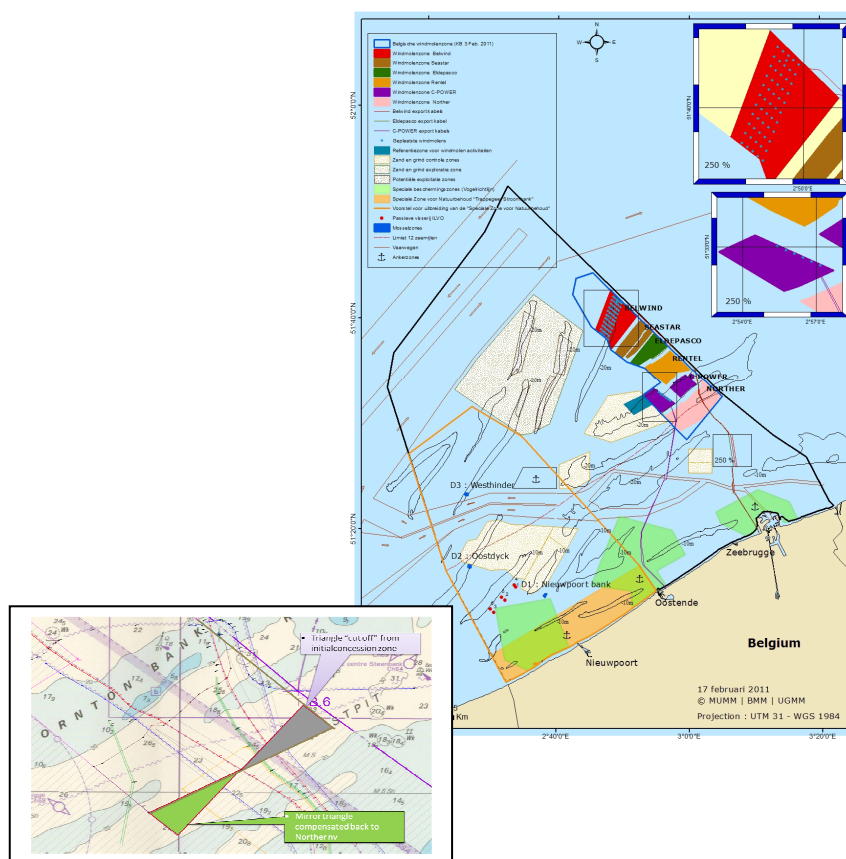
Voor alle marifone VHF communicatie systemen, RDF en AIS, kan gesteld worden dat enkel voor de verre communicatie naar de westelijke route en de verre routes voorbehoud dient gemaakt te worden. Maar ook hier is de werkelijke beperking eerder het bereik van de radioinstallaties zelf.

Er dient duidelijk gesteld dat voor het gebied tussen de kustlijn en de 'Westpit' er zich geen wijzigingen voordoen met de actuele toestand.

3. Algemeen kan dus gesteld worden dat de realisatie en inplanting van een offshore windturbinepark "North Sea Power" in de zone 'Westpit' geen noemenswaardige bijkomende invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet op de grote scheepvaartroutes. Evenwel zal de nodige aandacht dienen besteed te worden aan de mogelijke cumulatieve effecten ten gevolge van meerdere offshore windturbineparken, zoals die momenteel reeds in aanbouw zijn.
4. Ook dient er op gewezen te worden dat voor de bewaking van het windturbinepark gelijkaardige gepaste maatregelen dienen getroffen te worden, zoals dat zal nodig zijn voor alle andere windturbineparken. Hoofdzakelijk dient aandacht besteed te worden aan de verre kant van het offshore park, om dit op een adequate manier te bewaken.
Zie ook deel 2 van deze studie omtrent de gecumuleerde effecten en maatregelen.

Studie omtrent de mogelijke invloed van windmolenparken op de Noordzee met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

Deel 2: Mogelijke cumulatieve effecten



In opdracht van Norther nv (project North Sea Power)
Met betrekking tot de projecten voor offshore windturbineparken
C-Power, ELDEPASCO en Belwind (gegund en/of in uitvoering)
RENTel, Seastar en North Sea Power (concessie toegekend)

Prof.dr.ir.J.Catrysse (31/03/2011)

Studie omtrent de mogelijke invloed van windmolenparken op de Noordzee met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie

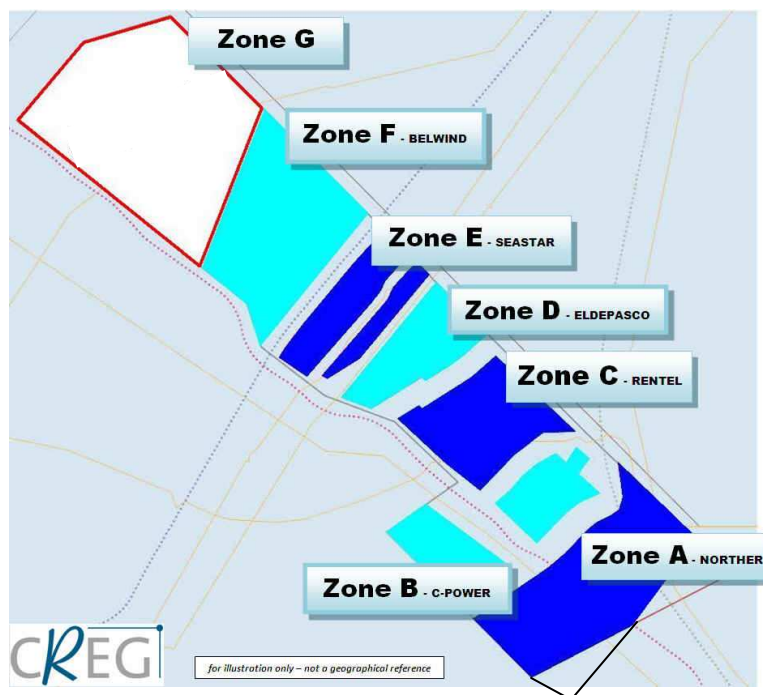
Deel 2: Mogelijke cumulatieve effecten

Vooraf.

In dit deel van de studie wordt nagegaan wat de mogelijke cumulatieve invloed is van de inplanting van verschillende windmolenparken op de Noordzee, met betrekking tot de normale werking van SRK-radar, de veiligheid op zee en de marifone communicatiesystemen.

Het betreft inplantingen van offshore windturbineparken:

- op de Thornton Bank, project C-Power in uitvoering
 - op de Bank zonder Naam, project Eldepasco in planning
 - op de Bligh Bank, project Belwind in uitvoering
- en waarbij, in deze chronologische volgorde, de concessies werden toegekend voor:
- tussen de Thornton Bank en de Bank zonder Naam, project RENTEL – juni 2009
 - voor de Thornton Bank, project North Sea Power – oktober 2009
 - tussen de Bank zonder Naam en de Bligh Bank, project Seastar – maart 2010

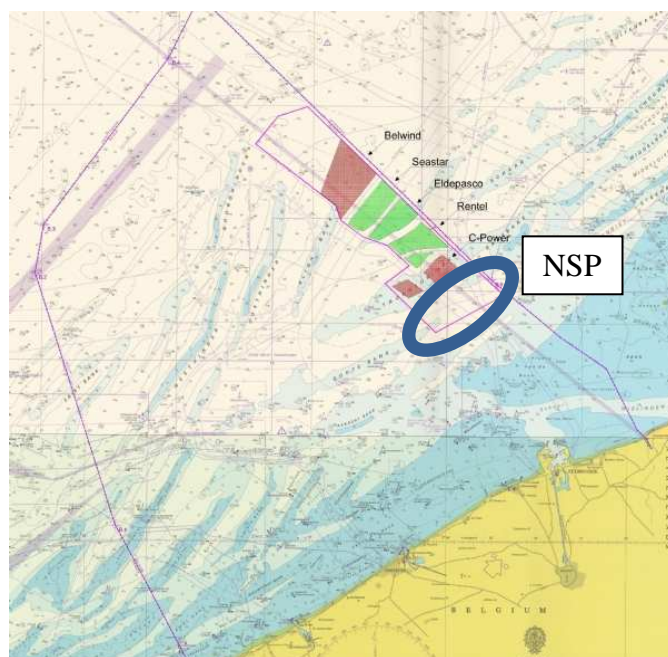


Figuur 2.1. Ligging van het Belgische gebied in de Noordzee en de offshore WTParken

Situering en actuele gegevens.

Deze studie analyseert de invloed van een inplanting van de verschillende windmolenparken op en nabij de verschillende zandbanken, die zich bevinden voor de rede van Zeebrugge, tegen de grens met Nederland. De ligging ervan is duidelijk aangegeven in figuren 2.1 en 2.2. De betreffende SRK radarstations, en een schets van hun werkingsgebied, zijn aangegeven in figuur 2.3. Hierbij wordt het normale en “officiële” werkingsgebied (paarse lijn) aangegeven, maar het is evenwel duidelijk dat het bereik van de verschillende radarstations verder reikt dan het officieel afgebakende gebied. Voor het gebied dat in deze studie van belang is, wordt het grensgebied van radarbereik in een vereenvoudigde vorm aangegeven door de gele lijn.

Uit de gegevens verstrekt door o.a. SRK blijkt dat er belangrijk scheepvaartverkeer plaats vindt in de totale zone tussen de kust en de Thornton Bank, maar ook nabij de Bank zonder Naam en de Thorntonbank en voorbij de Bligh Bank (de zogenaamde West-rond route). De verschillende SRK radarstations kunnen de zeevaarttrafiek langs de kuststrook opvolgen, en dit gebied van de Noordzee wordt telkens door minstens 2 radarstations afgedekt. Bovendien kan de SRK-havenradar van Zeebrugge de trafiek nabij de Bank zonder Naam en de Thornton Bank opvolgen, alhoewel dit niet meer tot het “officiële” observatiedomein van SRK behoort. De grote route van het Kanaal naar Rotterdam ligt veel noordelijker dan alle geplande offshore windturbineparken, en kan momenteel helemaal niet meer opgevolgd worden door de radarstations van SRK.



Figuur 2.2. Ligging van het Belgische gebied in de Noordzee en de offshore WTparken

Om een en ander duidelijker voor te stellen in het geheel van de problematiek, wordt op de volgende kaart van figuur 2.3. een overzicht gegeven van:

- officiële werkingsgebied van de SRK radarobservatie
- ligging van de verschillende SRK radarstations
- de ligging van het windmolenparken op de Thorntonbank (C-Power) en het onderhavige project “North Sea Power”

Voor de volledigheid naar mogelijke cumulatieve effecten, wordt in tabel 1 een overzicht gegeven van de afstanden van de verschillende radarstations tot de voornaamste ijkpunten in het globale project van de offshore-windmolenparken.

Afstand in km tot midden van	Thorntonbank	Westpit	Bank zonder Naam	Bligh Bank
Oostdijkbank	45,2 km	47,5 km	50,9 km	42,4 km
Oostende	33,9 km	32,5 km	42,5 km	39,6 km
Zeebrugge	25,4 km	21,5 km	33,9 km	38,2 km
Cadzand	39,6 km	34,5 km	43,8 km	50,9 km
Vlissingen	48,1 km	41,5 km	50,9 km	56,6 km
Westkapelle	36,7 km	30,5 km	39,6 km	53,7 km
Schouwenbank	50,9 km	34,5 km	42,5 km	53,7 km

Tabel 1. Afstand van SRK radarstations tot middelpunt offshore WTparken

Effecten op diverse systemen.

2.1. Havenradar.

Uit de voorgaande tabel kan men de volgende “gemiddelde” eigenschappen vooropstellen voor een radar van de SRK keten:

- zendvermogen 25 kW (piek)
- antennewinst 34,5 dB
- openingshoek van de radarbundel 0.25°
- hoogte 39,2 m
- minimaal detecteerbaar signaal – 99 dBm of - 129 dBW - bij een pulsduur van 200ns
- frequentie 9,17 GHz

Het bereik van de SRK radars komt daarbij theoretisch op 40 km bij een volledige reflectie van de radarbundel. In de praktijk zal 35 km echter een meer realistische waarde opleveren. Daarenboven dient rekening gehouden met de kromming van het aardoppervlak. Bij een hoogte van 40 m voor de radarantenne is de horizonhoogte bereikt bij een afstand van 23 km. Indien het reflecterende voorwerp een hoogte heeft boven de zeespiegel van 15 m (wat het geval is voor grotere containerschepen), dan bekomt men een afstand van 36 km.

Uit de afzonderlijke studies volgt duidelijk dat de windturbineparken op de Bank zonder Naam en op de Bligh Bank buiten de reikwijdte van alle actuele en geplande radarposten vallen, met uitzondering van deze van Zeebrugge (en gedeeltelijk Oostende en Westkapelle).

De radarpost van Zeebrugge kan ook het scheepvaartverkeer op de Westrond-noord-route nog opvolgen. In deze studie dient het effect van een windturbinepark op de Thorntonbank en het project “North Sea Power” in de zone “Westpit” in aanmerking genomen te worden, gezien dit nog binnen de “actieve” zone van het radarstation van Zeebrugge valt. Hierbij dient vooral verwezen te worden naar de detailstudie “*Studie van effecten van een windturbinepark op de Thorntonbank, deel 1 – RF studie*” door Prof. Van Lil, 26/11/2002, in opdracht van C-Power.

2.1.1. Radarbundel

Om de invloed van de radarbundelbreedte in rekening te brengen, wordt uitgegaan van de horizontale -3 dB bundelhoek. Deze bedraagt voor de radar van Zeebrugge 0.25° . Dit komt erop neer dat deze bundel zich in het horizontale vlak op een afstand van 35 km openspreidt tot een breedte van ongeveer 150 m. Een mastbreedte van gemiddeld 7 m laat dus toe om het normale diffractiemodel te hanteren, omdat de radarbundel de volledige mastbreedte gedurende voldoende lange tijd van zijn impulsperiode, zal omvatten.

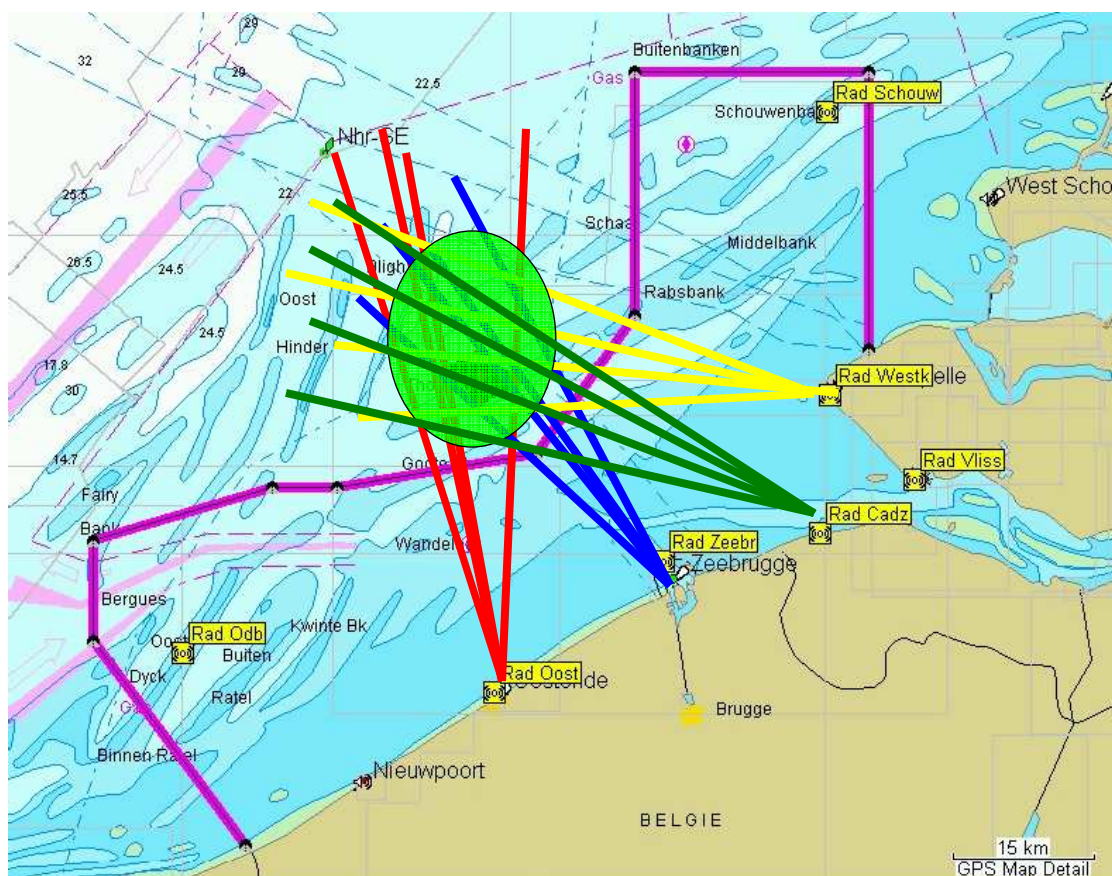
2.1.2. Schaduweffect – dode zones

Omdat de scheepvaartroute Westrond-noord duidelijk achter de zone “Westpit” en de Thorntonbank gelegen is, zullen de windturbineparken “C-Power”, RENTEL en “North Sea Power” een duidelijke invloed hebben op de gevoeligheid van waarneming door het radarstation van Zeebrugge. Het is hierbij duidelijk dat samen met het windturbinepark in de zone “Westpit” het effect van schaduwingsaanleiding zal geven tot een totaal dode zone achter het geheel van de windturbineparken.

Hierbij dient echter wel aangestipt te worden dat chronologisch gezien, het project C-Power op de Thorntonbank de belangrijkste effecten zal sorteren, en dat het project “North Sea Power” daar slechts bijkomende effecten aan de westelijke zijde zal aan toevoegen.

Hierbij dient aangestipt te worden dat binnen SRK en GNB er studies uitgevoerd zijn die de SRK radardekking in kaart gebracht hebben. De vraag daarbij is gesteld naar de opportuniteit van een duur bijkomende off-shore radarstation Schouwendijk, en naar alternatieve mogelijkheden (ook on-shore). Zie o.a. de jaarverslagen 2008 en 2009 van het Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK) van de Vlaamse Gemeenschap.

Achter de Thorntonbank en ten westen ervan ontstaan schaduwzones, die dode zones zullen opleveren, gezien de betreffende windturbineparken reeds op de grens van het radarbereik liggen. Elke vermindering aan radarsignaal zal daar een effectieve dode zone opleveren. Voor meer details wordt verwezen naar het eerste deel van deze studie omtrent de effecten van het project “North Sea Power” alleen.



Figuur 2.4. Schematische weergave van de mogelijke gebieden met dode zones

In de bovenstaande figuur 2.4. wordt elk park beschouwd als één aaneengesloten geheel, zodat op een eenvoudige manier de zones bekomen worden waarin de schaduweffecten en radarblinde zones zullen optreden. Inderdaad, voor alle parken geldt dat er geen feitelijke oplijning van de windturbines tegenover de radarstations mogelijk is, zodat een eenvoudig model van één aaneengesloten geheel een realistische benadering is.

Hoofdzakelijk dient rekening gehouden te worden met het feit dat de bewaking van de scheepvaartzone nabij de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, aan de westelijke zijde van de windmolenzone, “problematisch” wordt.

Dit komt door de verzwakking van het radarsignaal achter de Thorntonbank, vooral ten gevolge van de windturbineparken op en achter de Thorntonbank zelf, en bijkomend door het project “North Sea Power” in de Westpit.

Verder dient de vraag gesteld te worden naar de bewaking van de windturbineparken zelf, en de mogelijke scheepvaart in de directe omgeving van deze zones. Zonder op kwade bedoelingen te zinspelen, dient o.a. rekening gehouden met de opvolging van scheepvaartverkeer dat voor het onderhoud van deze parken nodig is. En eventueel de opvolging van kleinere vissersschepen, indien visserij in deze zones toegelaten zou worden.

Zie hiervoor ook verder in 2.1.4. omtrent veiligheid en bewaking.

2.1.3. Meervoudige reflecties.

Bij meervoudige reflecties kunnen valse echo's ontstaan, die aanleiding kunnen geven tot een 'virtueel' voorwerp in de lijn van het hoofdobject, maar op een andere positie. Gezien de afstand tussen de zone “Westpit”, de Thorntonbank, de Bank zonder Naam en de Bligh Bank, en de radarposten van Zeebrugge, Oostende en Westkapelle, dienen meervoudige reflecties tussen windturbines en radarantenne helemaal niet in aanmerking genomen te worden.

Zie hiervoor ook de detailgegevens in de basisstudie (eerste deel van deze studie) omtrent het project “North Sea Power”.

2.1.4. Veiligheid

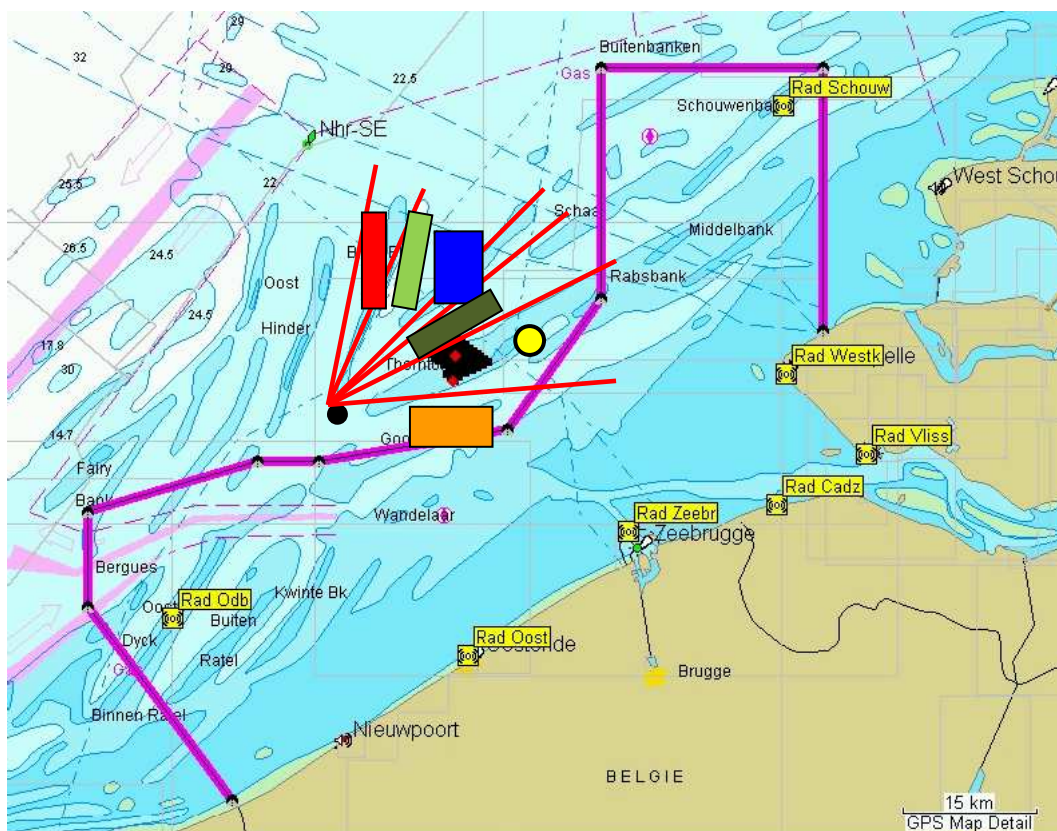
Omwille van de bewaking en de veiligheid van de Westrond-route nabij de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, de bewaking van de windturbineparken zelf, en de opvolging van scheepvaartverkeer (oa. voor onderhoudsdoeleinden) in de onmiddellijke nabijheid van de windturbineparken, wordt hier een advies geformuleerd over een bijkomend radarstation voor de SRK-keten.

Op figuren 2.3 en 2.4 is duidelijk te zien waar het feitelijke probleemgebied zich voordoet (groene zone op de figuur 2.4). Gecombineerd met de bestaande radardekking aan de oostelijke zijde van het totale gebied, is het duidelijk dat het probleem zich acuut stelt vanuit de westelijke zijde van de verschillende parken, zelfs wanneer de radar op de Schouwenbank wordt gerealiseerd. In dit verband dienen ook de interne studies van SRK en GNB vermeld te worden die de SRK radardekking in kaart gebracht hebben. De vraag daarbij is gesteld naar de opportuniteit van een duur bijkomende off-shore radarstation Schouwendijk, en naar alternatieve mogelijkheden (ook on-shore). Zie o.a. de jaarverslagen 2008 en 2009 van het Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK) van de Vlaamse Gemeenschap.

Rekening houdend met de inplanting van de verschillende windturbineparken op en nabij de diverse zandbanken, en rekening houdend met een “gemakkelijke” inplanting van een extra radarstation, lijkt in eerste instantie een mogelijke inplanting voor de hand te liggen: namelijk de uiterste westelijke punt van de Bligh Bank. Dit is duidelijk te zien op de volgende figuur. Daarbij dient aandacht besteed aan andere factoren, zoals onderzeese kabels, pijpleidingen, ...

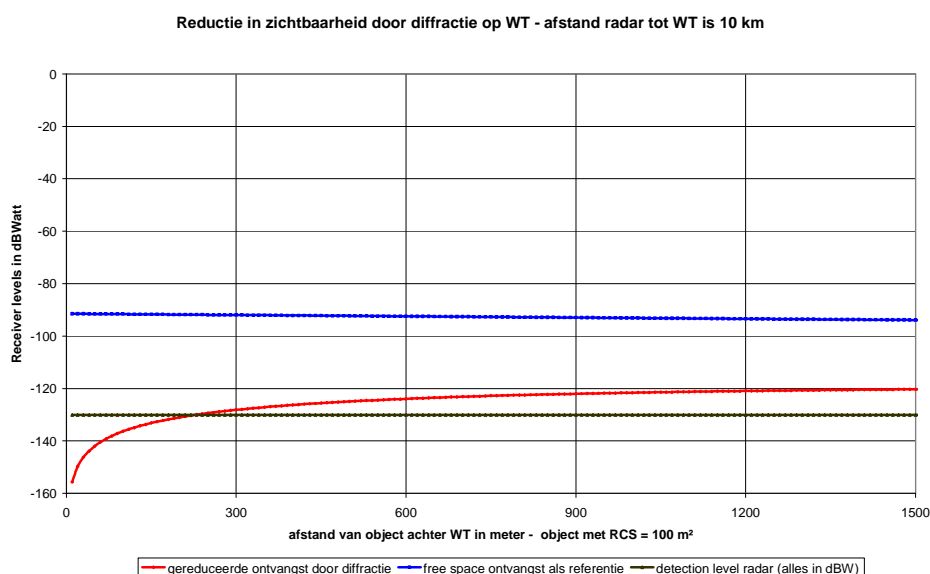
In een andere studie en rapport werd rond de problematiek van veiligheid op de Westrond-route en de bewaking van enkel het windturbinepark op de Thorntonbank, een voorstel geformuleerd voor een extra radarstation op de Thorntonbank zelf (ongeveer de gele cirkel op figuur 2.5). Het is hierbij duidelijk dat deze inplanting optimaal de Westrond-route tussen de Bank zonder Naam en de Thorntonbank kan opvolgen, maar dat er probleemzones zullen ontstaan achter de windturbineparken van de Bank zonder Naam en de Bligh Bank.

De alternatieve inplanting van een extra radarstation op het westelijk uiteinde van de Bligh Bank, in plaats van een oostelijke ligging op de Thorntonbank, biedt zowel een optimale begeleiding van de Westrond-route, als een bewaking tot en met de achterzijde van de windturbineparken.



Figuur 2.5. Schematische voorstelling omtrent radarobservatie tussen de verschillende windturbineparken, door een extra radarpost op de westelijke punt van de Bligh Bank

Onderstaande grafiek in figuur 2.6. toont de reductie van het radarsignaal bij een afstand van 10 km tussen windturbines en radarantenne.



Figuur 2.6. Reductie van radarzichtbaarheid bij een afstand tussen radar en windturbine van 10 km

Ook voor een dergelijk bijkomend radarstation dienen de mogelijke meervoudige reflecties en valse echo's, bij een afstand van 10 km tussen radarstation en windturbines, niet meer in aanmerking te worden genomen.

In elk geval zal een volledige detailstudie pas uitsluitsel kunnen geven omtrent:

- optimale inplanting van een extra radarpost, die meteen de volledige problematiek van opvolging en bewaking kan behandelen. Deze optimale inplanting dient niet alleen rekening te houden met de radarvereisten, maar ook met factoren als stabiliteit van de fundering, stroming, diepte van de zandbank op die plaats, etc. ...
- definitie van het nodige bereik, waaruit ook het nodige vermogen van dit extra radarstation zou volgen.
- grondige analyse van de mogelijke inplanting in verband met de ligging van onderzeese kabels, pijpleidingen, enz. ... zodat de betreffende zones voldoende vrij en veilig blijven.
- afhankelijk van de voorgaande keuzes, kan in deze studie slechts een ruw idee gevormd worden omtrent het optreden van mogelijke meervoudige reflecties.

Het zal duidelijk zijn dat overleg zal nodig zijn tussen ALLE betrokken partijen bij deze projecten, waarbij rekening dient gehouden met zowel de fysische impact van elk der windturbineparken, maar ook met de chronologische realisatie ervan (waarbij latere realisaties slechts aanleiding zullen geven tot bijkomende effecten t.o.v. eerdere realisaties).

In verband met de bewaking en de beveiliging van windturbineparken, tonen verschillende studies aan dat bewegende vaartuigen die binnen een windturbinepark opereren ook nog kunnen waargenomen worden, mits een radarstation op voldoende korte afstand.

Zie hiervoor de studies :

Interne studies door SRK en GNB omtrent de radardekking van de SRK radarketen en de opportuniteit van een extra off-shore radarstation Schouwendijk, met de vraagstelling naar alternatieve inplantingen (ook on-shore), zoals vermeld in de Jaarboeken 2008 en 2009 van het Agentschap Maritieme Dienstverlening en Kust (MDK).

Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

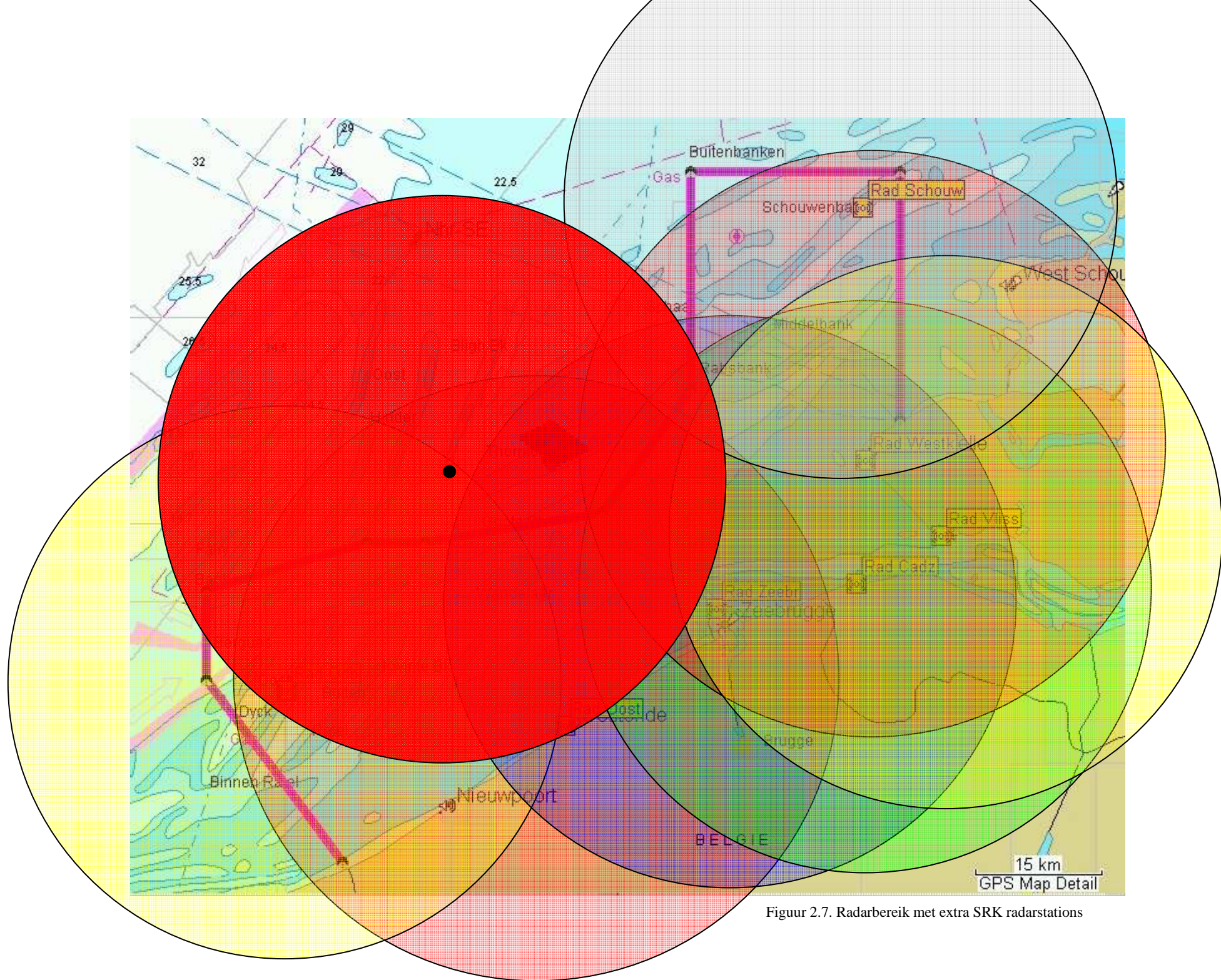
Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004

Verskillende deliverables van het project [Safety@Sea](#), dat aandacht besteedt aan de globale veiligheidsaspecten van de scheepvaart bij off-shore windturbineparken.

2.1.5. Besluit

Algemeen kan gesteld worden dat enkel de windturbineparken in de zone “Westpit” (North Sea Power)), op de Thorntonbank (C-Power) en er onmiddellijk achter (RENTTEL), een zekere invloed zullen hebben op de correcte werking van de SRK radarbewaking, en dit hoofdzakelijk aan de westelijke zijde van de Belgische windmolenzone.

Naar veiligheid en bewaking van de windturbineparken toe, zal het evenwel nodig zijn om een extra radarpost op een optimale plaats t.o.v. de verschillende projecten te voorzien. De volgende figuur 2.6 toont de dekking aan, die door een dergelijke extra radar bekomen wordt (rode cirkel), bij eenzelfde radar vermogen als voor de andere SRK stations.



Figuur 2.7. Radarbereik met extra SRK radarstations

2.2. Scheepsradar.

Opmerking vooraf: De mogelijke impact op de scheepsradar is vrij lokaal en is niet gekoppeld aan mogelijke cumulatieve effecten van meerdere windturbineparken. Deze sectie wordt enkel toegevoegd om een volledig beeld van de problematiek te schetsen.

Een scheepsradar heeft een typisch de volgende kenmerken:

- zendvermogen 10 kW (piek)
- antennewinst 30 dBi
- zijlobe onderdrukking minimaal -23 dB
- - 3 dB openingshoek van de radarbundel: 1°
- minimaal detecteerbaar signaal - 99 dBm of - 129 dBW bij een pulsbreedte 200 nsec
- frequentieband van 10 GHz

Uiteraard zullen de turbines door de boordradar van schepen in de omgeving opgemerkt worden, wat alleen maar de veiligheid van de scheepvaart kan verhogen.

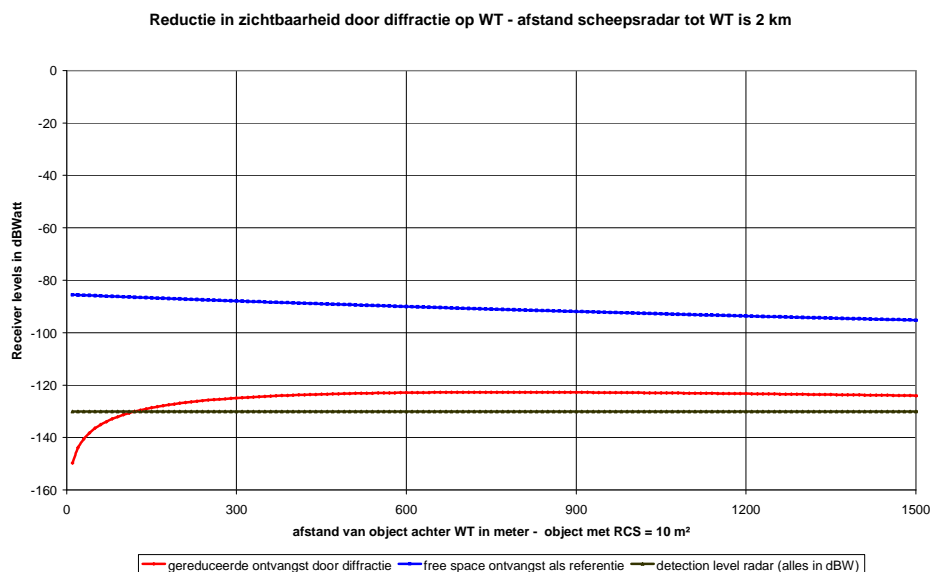
2.2.1. Schaduweffect en dode zones

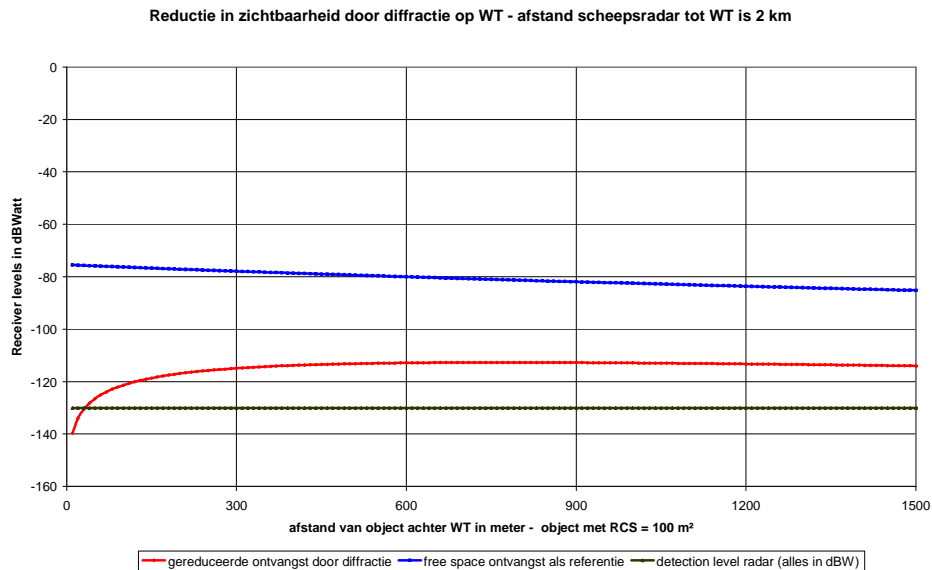
Niet alleen voor het normale scheepvaartverkeer, doch ook voor de schepen die instaan voor de onderhoudswerkzaamheden, kan het van belang zijn dat trafiek die zich in en uit een windturbinepark wil begeven, voldoende op voorhand kan waargenomen worden.

Studies uitgevoerd naar de effecten van off-shore parken voor de kust van Engeland (o.a. de monding van de Thames) geven aan dat schepen die zich binnen een windturbinepark bevinden, kunnen waargenomen worden, mits een radarstation op voldoende korte afstand.

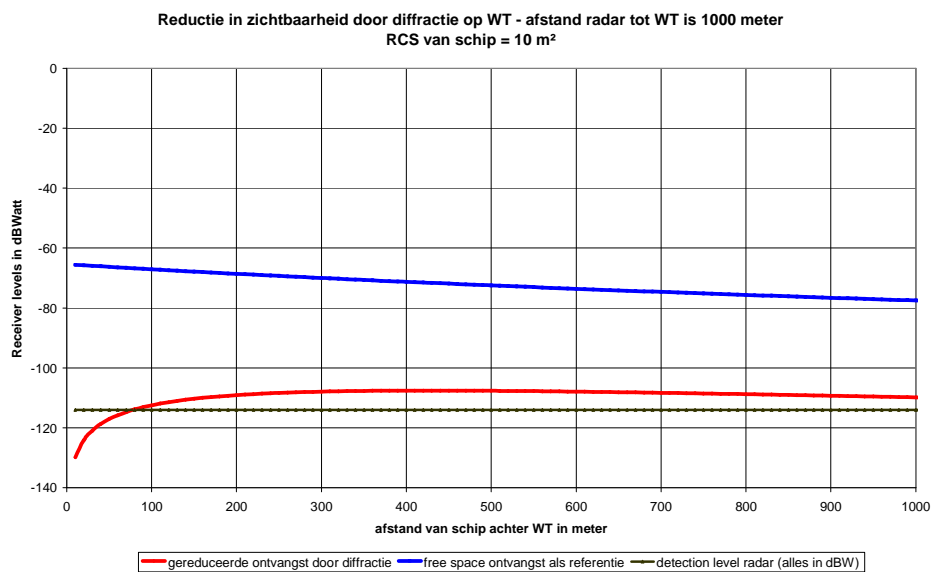
Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004





Voor een scheepsradar op een afstand van 2 km van een windturbine, kunnen dode zones en schaduweffecten ingeschat worden zoals op de volgende grafieken wordt aangegeven voor twee verschillende RCS waarden van schepen. Op te merken is dat in de scheepvaart in veel gevallen een speciale radarreflector wordt aangebracht, zodat gemakkelijk een RCS waarde van 100 m² equivalent kan bekomen worden. Voor een scheepsradar op een afstand van slechts 1 km (1000 m) van een windturbine kan dit als volgt ingeschat worden:



Figuur 2.8. Reductie van zichtbaarheid bij scheepsradar op 1 en 2 km van de windturbines

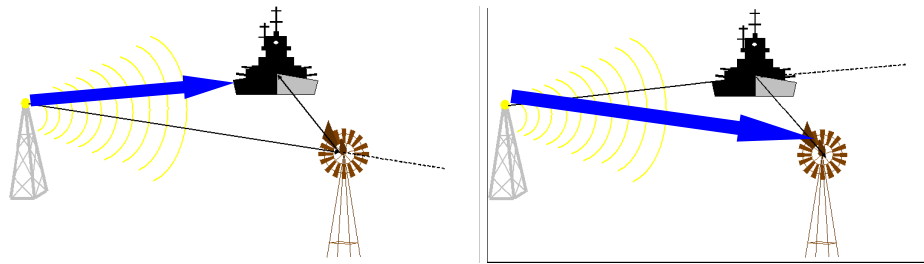
2.2.2. Meervoudige reflecties

Het optreden van mogelijke meervoudige reflecties zal hierbij direct afhankelijk zijn van de volgende parameters:

- bundelbreedte van de scheepsradar-antenne en de bijhorende antennewinst
- radardoorsnede van de windturbinemasten en andere schepen
- effectief (piek)vermogen van de scheepsradar
- minimaal detecteerbaar niveau van de boordontvanger
- afstand tussen schip en windturbines (vaarroutes liggen op een redelijke afstand van de zandbanken verwijderd)

Hierbij dient rekening gehouden te worden met twee situaties:

- reflectie windturbine/ander schip en terug naar radarantenne (links)
- reflectie ander schip/windturbine en terug naar radarantenne (rechts)

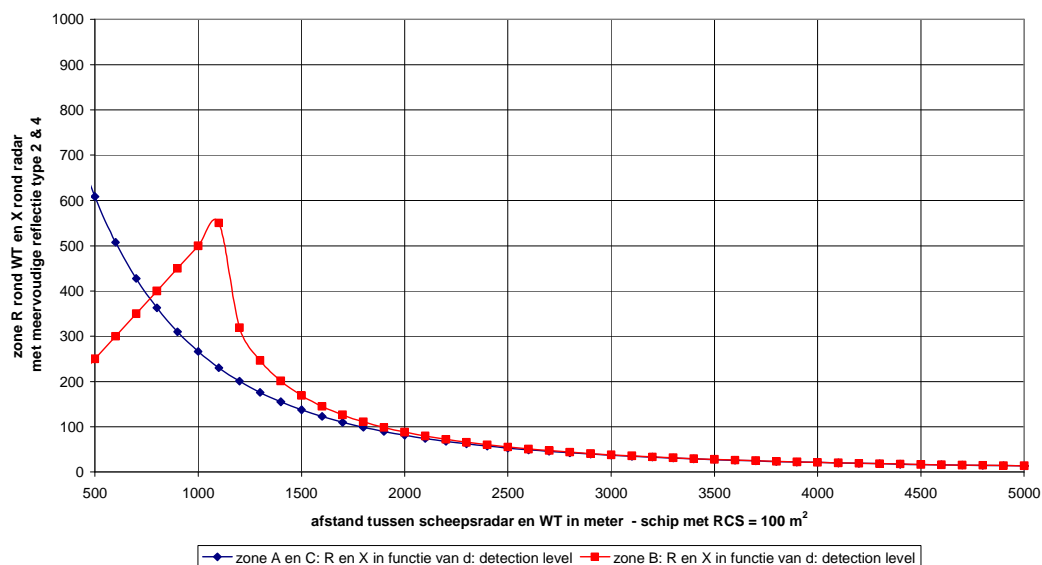


Figuur 2.9. Schematische voorstelling van meervoudige reflecties

De radarbundel afkomstig van een scheepsradar wordt hier telkens aangegeven door een antennemast met uitstralende bundel. In de rechtse figuur straalt deze op een windturbine, en diffracteert verder naar een tweede schip en terug naar de radarantenne. Op die manier ontstaan valse echo's, telkens achter het bestraalde object.

Voor meer details en berekeningsmethodes omtrent het optreden van meervoudige reflecties, wordt verwezen naar het overzichtsartikel met referentie COST 273.

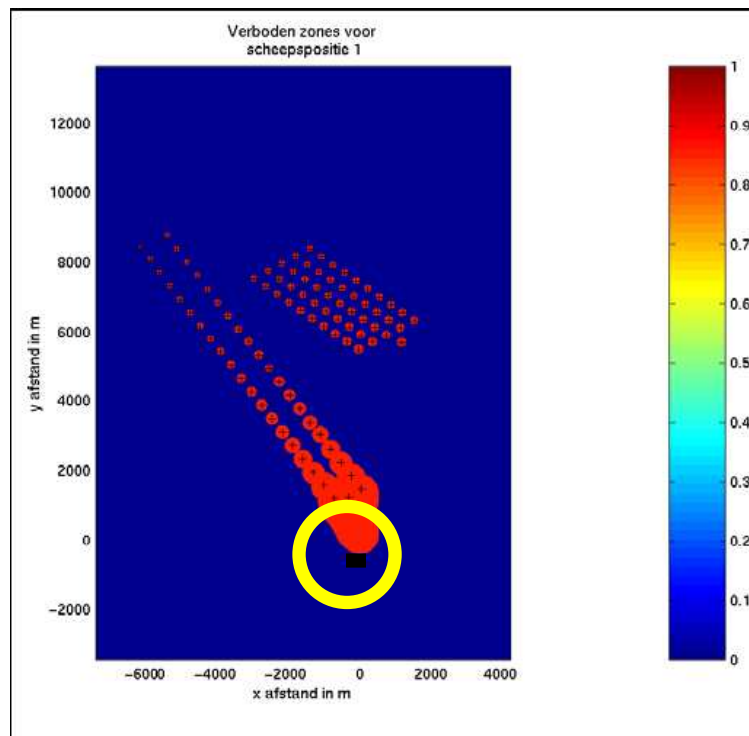
Type 2 en 4: zones rond windturbine R en radar X in functie van afstand d



Figuur 2.10. Zones waarbinnen valse echo's kunnen ontstaan, in functie van de afstand van de scheepsradar en een windturbine

Rekening houdend met het piekvermogen van een typische scheepsradar, en de bistatische RCS waarden van een windturbine en een groot schip, kan de zone waarbinnen meervoudige reflecties kunnen optreden, geschat worden tot op een afstand van 1 km (en maximaal 2 km) van het windturbinepark.

Dit blijkt ook uit een meer generieke studie (zie paper COST 273), waarbij het rode gebied de zones aangeeft waarbinnen deze meervoudige reflecties kunnen optreden: het schip met de scheepsradar wordt voorgesteld door het zwarte vierkant, en de rode zones geven telkens aan waar een tweede voorwerp een “valse echo” KAN creëren door de aanwezigheid van windturbines.



Figuur 2.11. Voorbeeld van zones met meervoudige reflecties (ref. paper COST 273)

Er dient hier op gewezen te worden dat door de “korte” afstand tussen schip en windturbines, ook meervoudige reflecties kunnen optreden van turbine naar turbine, en terug. Dit verschijnsel doet zich voor binnen een afstand van ongeveer 1 km tot 2 km tussen scheepsradar en windturbines. Dit is aangegeven voor het gebied aangegeven met de gele cirkel op de bovenstaande figuur. Dit kan echter wel, door maskering, aanleiding geven tot een verminderde zichtbaarheid binnenin het windturbinepark.

Een ander effect kan zijn dat zowel de windturbines zelf, als eventueel schepen binnen het windturbinepark als een uitgesmeerd beeld zullen waargenomen worden op het radarscherm, in plaats van een eerder scherp afgelijnd beeld, zonder dat dit aanleiding geeft tot intrinsiek onveilige situaties.

Deze effecten worden uitvoerig gedocumenteerd in de volgende internationale studies:

Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

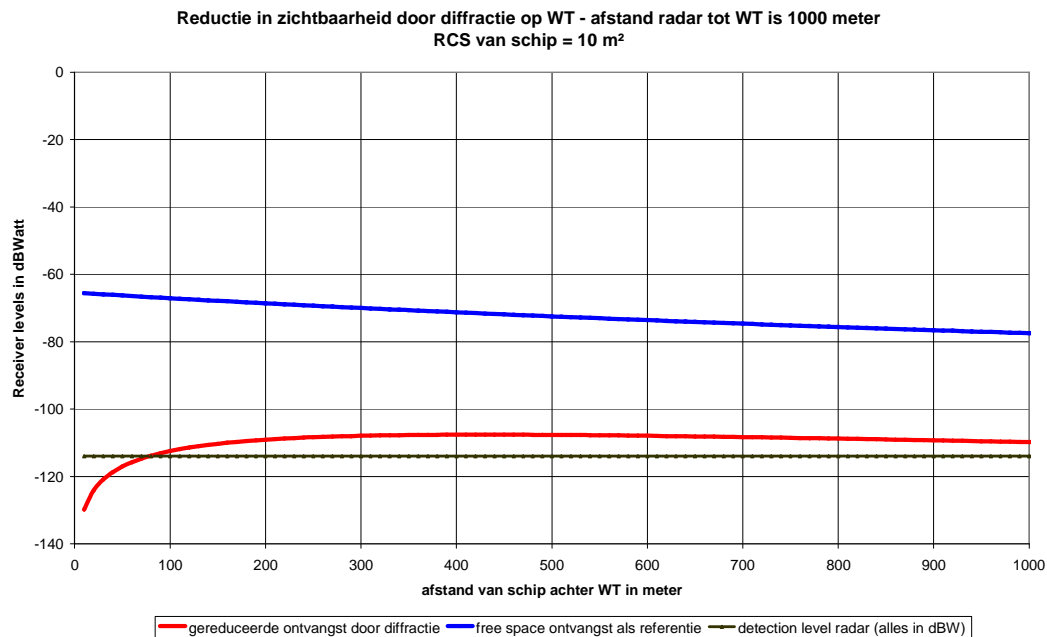
Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004

Alle meervoudige reflecties zijn slechts tijdelijk van aard, gezien de voortbeweging van het schip. Dergelijke ‘valse’ echo’s zullen de veiligheid echter niet direct in gevaar brengen. Ofwel worden valse beelden gecreëerd in en onmiddellijk achter het windturbinepark, ofwel in dezelfde richting als een ander schip.

In verband met veiligheid voor het scheepvaartverkeer van en naar de windturbineparken (onderhoudswerkzaamheden), is het van belang dat schepen die zich binnen een windturbinepark bevinden kunnen waargenomen worden.

Onderstaand diagramma toont een typische situatie van een schip dat zich nog op 1000 m van een windturbine bevindt, en de vermindering in radarbereik (radarblinde zone) achter de windturbine. Hierbij ontstaat dus een dode zone van zowat 100 m achter de turbine.

De radarzichtbaarheid van op korte afstand binnen een windturbinepark blijft dus mogelijk.



Figuur 2.12. Reductie van de zichtbaarheid voor een scheepsradar achter een windturbine (incl. dode zone)

2.2.3. Besluit

Meervoudige reflecties kunnen optreden binnen bepaalde zones, voor wat de waarnemingen betreft via de scheepsradar. Deze meervoudige reflecties zijn tijdelijk van aard, door de vaart van het schip. Bovendien is de kans van optreden gering, gezien de beperkte zones in de onmiddellijke omgeving van de windturbines, waarbinnen objecten zich dienen te bevinden om deze “valse echo’s” te genereren (zie figuren 2.10. en 2.11. als voorbeeld). In elk geval zullen deze mogelijke “valse echo’s” geen directe impact hebben op de veiligheid van het normale scheepvaartverkeer.

Enkel in geval van een dichte nadering door een schip (onderhoudswerkzaamheden) dient aandacht besteed aan een verminderde zichtbaarheid binnen het windturbinepark (zie als voorbeeld figuur 2.12.), en aan het optreden van mogelijke meervoudige reflecties.

Belangrijk is hierbij op te merken dat deze verschijnselen zich ook voordoen bij het naderen van andere schepen, en dat de verschijnselen, mits een gepaste opleiding van de bemanning, herkenbaar en handelbaar blijven zonder risico voor de uiteindelijke veiligheid van het scheepvaartverkeer.

Deze effecten worden in detail gedocumenteerd in de studies door BWEA&DTI en QinetiQ:

Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004

Conclusies daarbij zijn dat op voldoende korte afstand (< 2 km) tussen een radarstation en windturbines, een aantal effecten ten gevolge van meervoudige reflecties zichtbaar zijn (o.a. een uitgesmeerd radarbeeld als een soort clutervorming), maar dat kleinere schepen die zich in het windturbinepark zouden bevinden voor onderhoudswerkzaamheden, toch noch voldoende zichtbaar blijven, zeker als ze zich aan de rand van een windturbinepark bevinden.

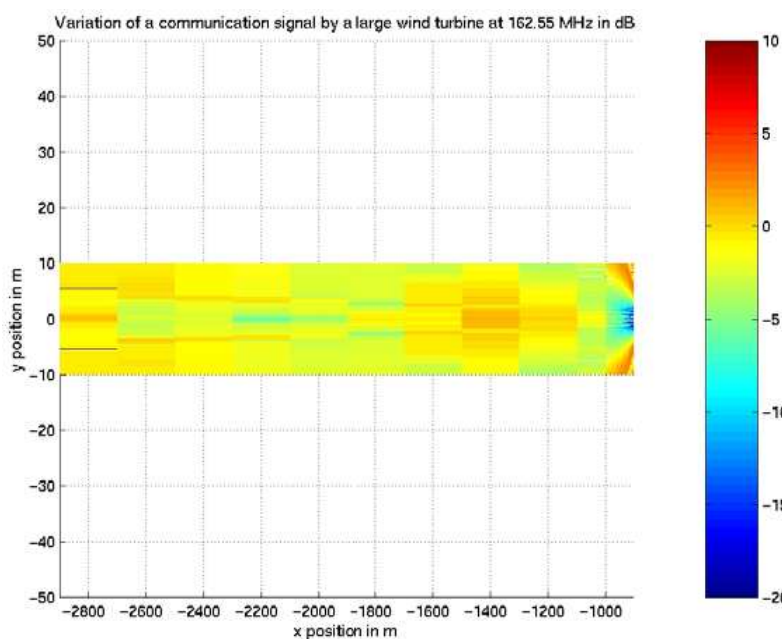
2.3. VHF marifone communicatiesystemen.

2.3.1. Invloed op de VHF radiocommunicatie

Algemeen dient gesteld te worden dat voor alle scheepvaartverkeer dat zich voor de Thorntonbank bevindt, er zich geen enkele verandering voordoet met de huidige situatie.

Rekening houdend met de positie van de verschillende radiostations in Oostende, Zeebrugge, Vlissingen en Westkapelle (NL), kan gesteld worden dat er voor het scheepvaartverkeer op de Westrond-noord-route nabij de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, een nauwkeurige simulatie van het radiopropagatiepad nodig is in het frequentiegebied van marifone communicatie rond 150 - 160 MHz. Hierbij dienen de afstand van turbine tot zowel schip als kuststation in rekening gebracht te worden.

Een typische verzwakking door één windturbine voor dit frequentiegebied, verkregen uit een dergelijke simulatie, wordt gegeven op de volgende figuur.



Figuur 2.13. Verzwakking achter een windturbine voor het frequentiegebied rond 150 MHz

De verzwakking van het VHF signaal is hierbij aangegeven, bij een afstand tussen windturbine en zendantenne van 1 km (1000 m). In de figuur wordt de x-as slechts weergegeven voor een afstand tot de zendantenne van 1100 m (of dus 100 m achter de windturbine – de zendantenne staat op een positie “0”).

In praktijk zal door het cumulatief effect van de meerdere windturbineparken achter elkaar, de radiocommunicatie naar het noorden beperkt zijn. In wezen is dit geen echt probleem, aangezien, zoals bij de havenradars, het maximaal bereik sowieso ongeveer 40 km een realistische inschatting zal zijn. Ten westen en ten oosten van de windmolenzone blijft het contact met de verschillende radiostations onveranderd.

Wanneer radiocontact dient gegarandeerd te worden met o.a. het scheepvaartverkeer voor onderhoud aan de windturbineparken, zou het aangewezen zijn om een ondersteunend relaisstation meer in de nabijheid van de windturbineparken beschikbaar te hebben, zodat radiocontact met schepen binnen de windturbineparken mogelijk is.

2.3.2. Besluit

De inplanting van de windturbineparken zal voor het marifone radioverkeer weinig verandering brengen in de actuele situatie. Wil men echter met grote werkzekerheid en kwaliteit van communicatie, radiocontact onderhouden met de verschillende windturbineparken, en het eventuele scheepvaartverkeer voor onderhoudswerkzaamheden, dan is het aangewezen om een ondersteunend relaisstation voor de marifone communicatie beschikbaar te hebben. Een aangewezen positie hiertoe is meteen de positie van een extra radarstation, zoals hoger aangegeven.

2.4. RDF (Radio Direction Finder)

2.4.1. Mechanisme van RDF

Bij een RDF peilsysteem wordt een radiosignaal afkomstig van een schip, door het RDF station gecapteerd. Daartoe wordt gebruik gemaakt van een speciale (omnidirectionele) antenne, die via een gepaste signaalverwerking een richting kan peilen.

Met behulp van meerdere peilstations kan men uit het snijpunt van de verschillende peilrichtingen, de plaats van het schip bepalen.

Indien er zich in de omgeving van het rechtstreekse transmissiepad een reflecterend voorwerp bevindt, dan kan een tweede golf front de RDF antenne bereiken, en dit vanuit een andere richting en met een andere fase dan het oorspronkelijke rechtstreekse signaal. Een typische peiling duurt 5 seconden, en dus zullen beide signalen zich samen stellen tot een nieuw signaal, dat als resultante uit een andere richting kan komen.

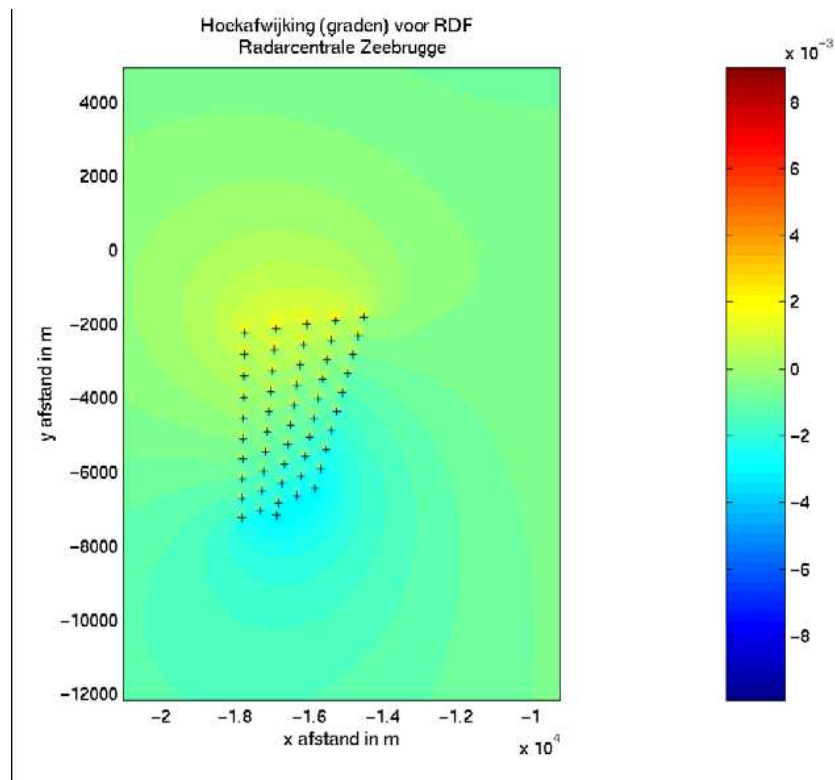
Praktisch dient gesteld te worden dat het storend signaal voldoende amplitude moet hebben om het oorspronkelijke signaal aanzienlijk te verstoren. Dit is direct afhankelijk van de radio-doorsnede van het reflecterende voorwerp, en van de afstand van dit voorwerp tot de RDF antenne. De grootste verstoring zal bovendien voorkomen indien het storend signaal onder een hoek van 90° binnenkomt t.o.v. het rechtstreekse signaal.

RDF stations bevinden zich in Nieuwpoort, Zeebrugge en Haamstede. En er wordt gepeild vanaf de Westhinder, Steenbank en Vlissingen.

Peilingen vanaf de Westhinder en Vlissingen zullen niet beïnvloed worden, gezien de afstand en de ligging van de Bank zonder Naam en de Bligh Bank tot de RDF stations (alhoewel dit voor het station van Zeebrugge de worst case toestand van een reflectie onder 90° is).

Zelfs indien door een zogenaamde “multi-path” propagatie, meerdere reflecties zouden aanwezig zijn dan is het signaalniveau van deze reflecties slechts van die aard dat de maximale fout voldoende klein zal blijven. De afstand van de windturbineparken tot de peilstations speelt hierin uiteraard een belangrijke rol.

Bij de peilingen vanuit Zeebrugge naar de Steenbank liggen rechtstreeks en gereflecteerd signaal quasi in lijn. Gegeven de relatief kleine radio-doorsnede van een windturbine en de afstand tussen de verschillende windturbineparken en de RDF stations, is er een minimale invloed te verwachten. Een fout van ten hoogste $0,5^\circ$ à 1° kan hierbij vooropgesteld worden.



Figuur 2.14. Voorbeeld van de hoekverstoringen voor de RDF bij een windturbinepark

2.4.2. Besluit

De mogelijke foutmarge ten gevolge van de windturbineparken, die bij het RDF systeem kan optreden valt volledig binnen de eigen foutmarge van het RDF detectiesysteem.

2.5. DGPS zender in Oostende

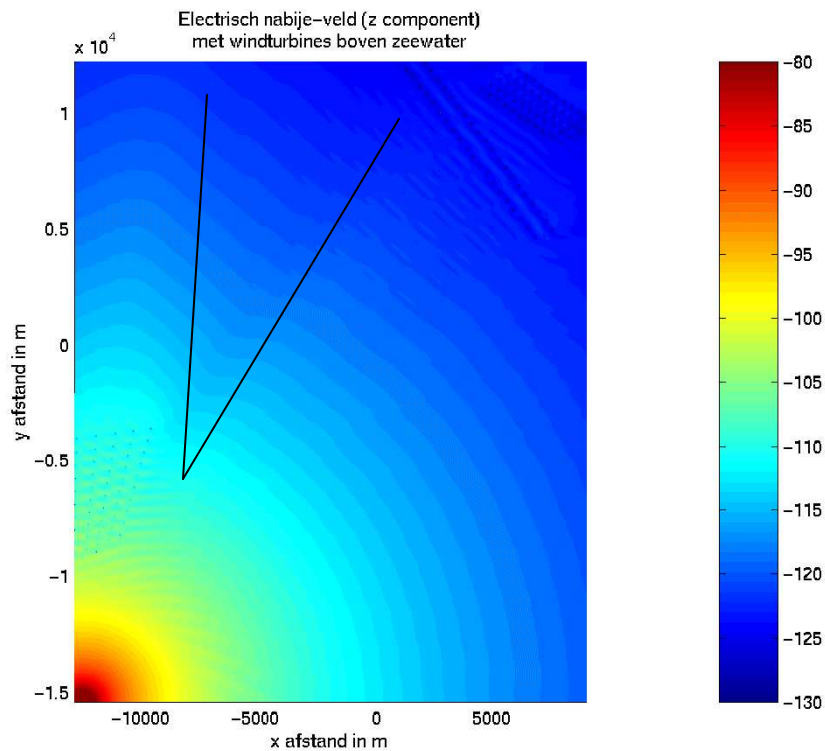
2.5.1. Bereik van het DGPS systeem bij 312 kHz

De DGPS zender in Oostende werkt op een (zeer lage) frequentie van 312 kHz (wat dus een golflengte inhoudt van 960,9 m). Dit betekent dat alle windturbineparken zich – naar antenne normen – bevinden in de zogenaamde zone van “nabije veld”.

Uit voorgaande studies blijkt dat de invloed van een windturbinepark binnen het nabije veld, slechts zeer minimale invloeden met zich mee brengt. Een voorbeeld is gegeven in de volgende figuur voor een concentratie met 3 turbines. Gezien de afstand tussen de verschillende windturbineparken, kan gesteld worden dat deze effecten zich afzonderlijk per windturbinepark zullen voordoen en er geen directe beïnvloeding van de windturbineparken onder elkaar zal gebeuren.

2.5.2. Besluit

De inplanting van de offshore windturbineparken zal geen invloed hebben op het gebruik van het 312 kHz DGPS systeem.



Figuur 2.15. Voorbeeld van de kleine verstoringen op het DGPS signaal van een zender met windturbines in het nabije veld van de zendantenne.

2.6. AIS (Automatic Information System)

2.6.1. AIS systeem, en de bijhorende delay spread

AIS is een systeem van automatische informatie vergaring, dat gebruik maakt van de 'normale' marifone VHF kanalen 87b en 88b (rond 162 MHz) met een digitale vorm van datatransmissie. De transmissiesnelheid van de gegevens is 9600 bps baudrate.

Een dergelijke bitrate laat een delayspread van het gemoduleerde signaal toe van 104,16 μsec , zonder dat een fout bitpatroon zou gegenereerd worden.

Reflecties kunnen een tweede transmissiepad creëren, zodat dezelfde informatie tweemaal ontvangen wordt. Indien het looptijdverschil tussen beide paden te groot wordt, zal het systeem foutieve informatie capteren. Een delay spread van 100 μsec zou een verschil in transmissieweg van 30 km toestaan.

Voor schepen in de nabijheid van het windturbinepark zal een dergelijk verschil in transmissiepad niet kunnen voorkomen. Voor schepen op een grotere afstand, waarbij dit verschijnsel toch theoretisch mogelijk zou worden, dient dan rekening gehouden te worden met het bereik van de betreffende zendinstallatie. Zodat ook deze situatie als niet realistisch dient omschreven te worden.

Mocht besloten worden om een extra radarstation op het westelijke uiteinde van de Bligh Bank in te planten, samen met een ondersteunend radiostation voor de marifone communicatie, dan zou meteen ook een extra relaisstation kunnen voorzien worden om van verder gelegen scheepvaartroutes, ook de AIS gegevens te ontvangen.

2.6.2. Besluit

De inplanting van de offshore windturbineparken zal geen invloed hebben op de datacommunicatie via het AIS systeem.

CONCLUSIES

Er dient op voorhand opgemerkt te worden dat de inplanting van het project “North Sea Power” in de zone “Westpit” slechts marginale bijkomende effecten zal hebben, in vergelijking met de situatie waarbij nu reeds een aantal offshore windturbineparken in uitbating of constructie zijn.

Onderstaande conclusies dienen dus gezien als algemene besluiten omtrent het geheel van de cumulatieve effecten van meerdere offshore windturbineparken in de Belgische windmolenzone.

Voor de specifieke besluitvorming omtrent het project “North Sea Power” zelf, wordt verwezen naar het eerste deel van deze studie.

A priori dient gesteld te worden dat het type windturbine (3 MW, 5MW of 7MW) geen invloed zal hebben op de mogelijke effecten en maatregelen.



1. De inplanting van de verschillende windturbineparken, zal de radaropvolging door SRK, zoals die momenteel gebeurt, slechts gedeeltelijk in het gedrang brengen. Enerzijds ligt de inplanting nagenoeg buiten de reikwijdte van de meeste radarposten. Anderzijds wijzigt de situatie zich niet voor alle scheepvaartverkeer tussen de kustlijn en de ‘Westpit’.

Voor een goede opvolging van het scheepvaartverkeer nabij de Bank zonder Naam en de Thorntonbank, dient rekening gehouden te worden met de mogelijke schaduweffecten, zoals in de detailstudie omtrent de projecten op de Thorntonbank (C-Power), RENTEL en North Sea Power” wordt aangegeven.

Voor het gebied achter de Bank zonder Naam en achter de Bligh Bank, zullen zich schaduwzones/dode zones aftekenen, zowel voor de radarobservatie als voor andere marifone systemen. Doch dit gebied situeert zich sowieso op de limiet van bereikbaarheid. Naar de oostelijke zijde van de Belgische windmolenzone lijkt er geen probleem, gegeven de ligging van een aantal SRK stations in Cadzand, Westkapelle en Vlissingen.

Naar de westelijke kant zijn er wel problemen te verwachten, en zou een extra ondersteunend SRK station een uitkomst kunnen bieden.

Ook voor de goede opvolging van alle scheepvaartverkeer in de nabijheid van de verschillende windturbineparken (o.a. voor onderhoudswerkzaamheden), en voor de feitelijke bewaking en beveiliging van de windturbineparken zelf, tekent zich een probleem af aan de westelijke zijde van de Belgische windmolenzone. Het lijkt dus eveneens aangewezen om in dat verband een extra radarstation te voorzien.

In eerste instantie lijkt een optimale ligging op het westelijk uiteinde van de Bligh Bank, waardoor de waarneming rond de verschillende windturbineparken verzekerd wordt. Dit voorstel van alternatieve inplanting houdt duidelijk rekening met de aanwezigheid van de verschillende geplande windturbineparken. Hierbij dient ook verwezen naar de interne studies van SRK en GNB over de radardekking en de opportuniteit van het geplande offshore radarstation Schouwendijk aan de oostelijke zijde.

Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de noodzaak van een extra radarstation duidelijk is, maar de exacte locatie ook nog van andere factoren (zoals vrije zones van onderzeese kabels, pijpleidingen, enz. ...) zal afhangen.

2. De invloed van mogelijke meervoudige reflecties is enkel belangrijk met betrekking tot de scheepsradar, waarbij dit effect voelbaar is binnen een zone van zowat 1 km tot 2 km afstand tot elk windturbinepark. Het is duidelijk dat mogelijke meervoudige reflecties geen a priori gevaarlijke situaties zullen opleveren, en meestal slechts een vals beeld binnen of in de onmiddellijke nabijheid van het park zullen opleveren.

Dit kan echter wel, door maskering, aanleiding geven tot een verminderde zichtbaarheid binnenin het windturbinepark.

Een ander effect kan zijn dat zowel de windturbines zelf, als eventueel schepen binnen het windturbinepark als een uitgesmeerd beeld zullen waargenomen worden op het radarscherm, in plaats van een eerder scherp afgelijnd beeld, zonder dat dit aanleiding geeft tot intrinsiek onveilige situaties.

Deze effecten worden uitvoerig gedocumenteerd in de volgende internationale studies:

Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004

Alle meervoudige reflecties zijn slechts tijdelijk van aard, gezien de voortbeweging van het schip. Dergelijke 'valse' echo's zullen de veiligheid echter niet direct in gevaar brengen. Ofwel worden valse beelden gecreëerd in en onmiddellijk achter het windturbinepark, ofwel in dezelfde richting als een ander schip. Er zal nooit een valse echo kunnen optreden, waarbij een vals beeld gevormd wordt tussen het schip en het eerste object in de nabijheid van het schip.

Hierbij dient duidelijk opgemerkt te worden dat dit effect een lokaal verschijnsel is, en niet direct gekoppeld aan mogelijke cumulatieve effecten van meerdere windturbineparken.

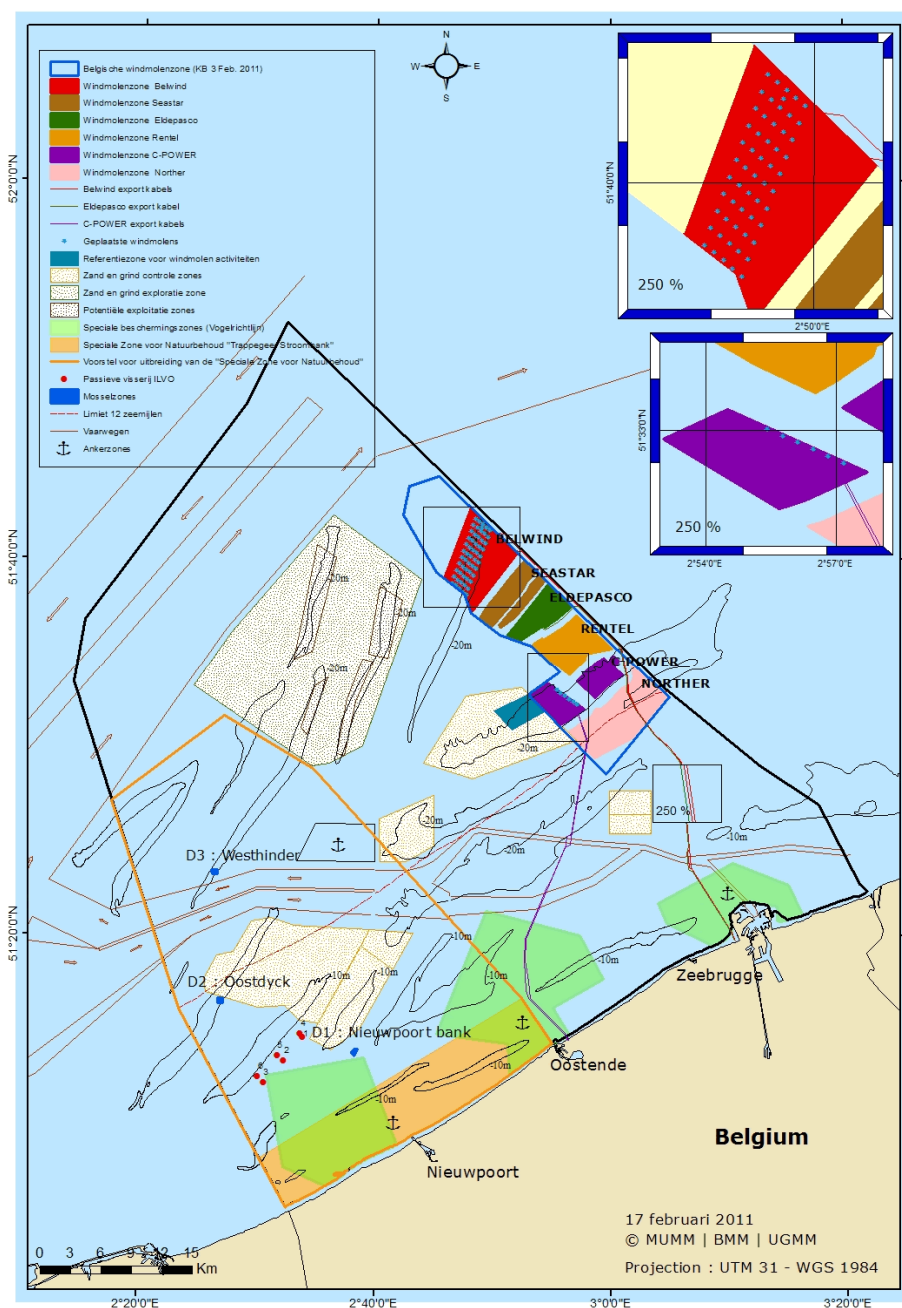
3. Voor alle marifone VHF communicatie systemen, RDF en AIS, kan gesteld worden dat enkel voor de verre communicatie naar de westelijke route en de verre routes voorbehoud dient gemaakt te worden. Maar ook hier is de werkelijke beperking eerder het bereik van de radioinstallaties zelf.

Er dient duidelijk gesteld dat voor het gebied tussen de kustlijn en de 'Westpit' er zich geen wijzigingen voordoen met de actuele toestand.

Ook hier zou het aangewezen zijn om een extra ondersteunend relaisstation voor marifone communicatie te voorzien (bij voorkeur op dezelfde locatie als het extra radarstation), zodat een optimale radiocommunicatie met de verschillende windturbineparken en het scheepvaartverkeer ernaar toe kan gegarandeerd worden.

4. Algemeen kan dus gesteld worden dat de realisatie en inplanting van de offshore windturbineparken geen noemenswaardige invloed zal hebben op de bewaking van en communicatie met het scheepvaartverkeer, zoals het zich momenteel voordoet en gelegen binnen het officieel werkingsgebied van SRK. Toch lijkt de inplanting van een extra radarstation, en een ondersteunend relaisstation voor de marifone communicatie, aangewezen in verband met de opvolging van het verre scheepvaartverkeer, en van het toekomstige scheepvaartverkeer van en naar de betreffende windturbineparken.
5. Wel dient er op gewezen te worden dat de bewaking van de windturbineparken zelf in deze studie niet aan bod gekomen is. Daartoe zullen er gepaste maatregelen dienen getroffen, vooral om ook de verre kant van de offshore parken adequaat te bewaken.

Het is hierbij evident dat een eventuele extra radarinstallatie en bijkomend radiostation, meteen alle offshore windturbineparken (C-Power, Eldepasco en Belwind, en RENTEL, North Sea Power en Seastar) moet “bedienen”.



Lijst van afkortingen

SRK	Schelde Radar Keten, de Vlaams-Nederlandse instantie die instaat voor het beheer van en toezicht op het scheepvaartverkeer in de Noordzee
VHF/UHF	Very High Frequency en Ultra High Frequency, geven de frequentiebanden aan van radio communicatie. Voor de marifone systemen wordt VHF gebruikt tussen 150 MHz en 165 MHz
RF	Radio Frequentie systemen
RDF	Radio Direction Finder, een systeem dat met behulp van richtingsgevoelige antennes en de nodige signaalverwerking, een peilrichting van een zender kan aangeven. Door vanop verschillende plaatsen te peilen, kan men uit het snijpunt van verschillende peilrichtingen, de plaats van een zender bepalen (in casu hier: van het schip)
DGPS	Systeem van positiebepaling met behulp van lage frequenties
AIS	Automatic Information System, een datacommunicatie systeem voor de scheepvaart, waarbij op één van de marifone kanalen, digitale informatie doorgestuurd wordt omtrent de identiteit en de lading van het schip. Voor correcte ontvangst van de gegevens dient de gecodeerde digitale informatie aan bepaalde timing vereisten te voldoen, in casu de “delay spread”
Delay Spread	Het verschil in tijd (door verschillende transmissiepaden) van de binnenkomende digitale informatie (pulsen), die al of niet als één of verschillende pulsen (of bits) zullen geïnterpreteerd worden.
dBm	Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal. 0 dBm is precies gelijk aan een vermogen van 1 milliWatt.
dBW	Eenheid van vermogen, in een logaritmische schaal. 0 dBW is precies gelijk aan een vermogen van 1 Watt (en ook gelijk aan 30 dBm).
RCS	Radar Cross Section, of de oppervlakte van een object dat effectief een radarsignaal zal reflecteren.

Referenties

Inleidende studie omtrent de mogelijke invloeden van een windmolenpark “North Sea Power” met betrekking tot de SRK-radar en de marifone communicatie, Prof. J. Catrysse, juni 2010

Paper COST 273, Computations of the effects of windturbines on RF Systems, Van Lil, Catrysse et al.

Studie van effecten van een windturbinepark op de Thorntonbank, deel 1 – RF studie” door Prof. Van Lil, 26/11/2002 (in opdracht van C-Power)

Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm, BWEA & DTI, April 2007

Results of the electromagnetic investigations and assessments of marine radar, communications and positioning systems undertaken at the North Hoyle wind farm by QinetiQ and the Maritime and Coastguard Agency, QinetiQ, November 2004

Verschillende MEB rapporten omtrent de inplanting van windturbineparken in de Belgische windmolenzone, met vermelding van de radareffecten en een evaluatie in het kader van GNB, en de interne studies van SRK en GNB omtrent de radardekking en de opportuniteit van het off-shore radarstation Schouwendijk (ref. MDK 2008 en 2009 Jaarboeken).

Annex: Paper COST 273

EUROPEAN COOPERATION
IN THE FIELD OF SCIENTIFIC
AND TECHNICAL RESEARCH

EURO-COST

COST 273 TD(02) 124
Lissabon, Portugal
2002, September 19-20
(WG2)

SOURCE: K.U.Leuven,
Division ESAT-TELEMIC
Belgium

COMPUTATIONS OF THE EFFECTS OF WIND TURBINES ON RF SYSTEMS

E. Van Lil, D. Trappeniers, J. Catrysse, A. Goddyn, M. Van Vooren,
A. Van de Capelle
K.U.Leuven Flemtek Haecon
div. ESAT/TELEMIC Orchideeënlaan, 4 Deinsesteenweg, 110
Kasteelpark Arenberg, 10 B-8200 Brugge B-9031 Drongen
B-3001 Heverlee (Leuven) BELGIUM BELGIUM
BELGIUM
Phone: +32-16-321113
Fax: +32-16-321112
Email: Emmanuel.VanLil@ESAT.KULeuven.ac.Be

COMPUTATIONS OF THE EFFECTS OF WIND TURBINES ON RF SYSTEMS

Emmanuel Van Lil⁽¹⁾, Dave Trappeniers⁽²⁾, Johan Catrysse⁽³⁾, Alain Goddyn⁽⁴⁾, Marc Van Vooren⁽⁵⁾ and Antoine Van de Capelle⁽⁶⁾

⁽¹⁾K.U.Leuven, div. ESAT-TELEMIC; Kasteelpark Arenberg, 10; B-3001 Heverlee-Leuven

E-mail: Emmanuel.VanLil@ESAT.KULeuven.ac.Be

⁽²⁾As (1) above, but E-mail: Dave.Trappeniers@ESAT.KULeuven.ac.Be

⁽³⁾Flemtek, Orchideeënlaan, 4; B-8200 Brugge; E-mail: Johan.Catrysse@KH.KHBO.Be

⁽⁴⁾Haecon, Deinssesteenweg, 110; B-9031 Drongen; E-mail: Alain.Goddyn@Haecon.Be

⁽⁵⁾As (4) above, but E-mail: Marc.Van.Vooren@Haecon.Be

⁽⁶⁾As (1) above, but E-mail: Antoine.VandeCapelle@ESAT.KULeuven.ac.Be

ABSTRACT

Recently, in Belgium, a large number of wind turbines of large size (2 to 2,5 MWatt power) are being planned both on land (unfortunately sometimes (too) close to airports) as on sand banks close to the shore. The different effects of the wind turbine parks that are being planned offshore, near shore and onshore, specially on navigation systems (radar; I(nstrument)L(anding)S(ystem); V(HF)O(mnidirectional)R(anger)/D(istance)M(easuring)E(quipment); R(adio)D(irection) F(inder)) and on navigation aids (D(ifferential)GPS transmitters) as well as on communications systems (both analog and digital), will be investigated in this paper. By using, depending on the wavelength, UTD or moment methods, the effects of the different parts (gondola, blades, tower) can be investigated in detail and recommendations made about how to minimise the adverse effects. Due to lack of space, this paper will focus on maritime applications.

INTRODUCTION

Most of the literature on the effects of wind turbines consists of their effect on TV reception [BBC1, BBC2, MEDE, SEN], since it is noted that ghost images are sometimes very disturbing for movies or even slowly moving images. Other effects have been probably investigated but were not found in literature; hence the purpose of our study. The most important effects noted are on radar systems (both maritime with a frequency around 9 GHz and aeronautical approach radars with a frequency around 2.8 GHz). They will be discussed in a paragraph 1. It is quite obvious that the turbines will cause also some interference with communication systems, specially on aeronautical systems, since they still use AM, due to the higher intelligibility in adverse communication conditions (no capture effects like in FM). Paragraph 2 will be devoted to this effect, as well as the effects on maritime RDF systems. Finally the influence of the turbines on new (maritime) systems, that will in the future complement radar systems like the A(utomatic)I(dentification)S(ystem) [AIS], as well as on a DGPS transmitter will be discussed in paragraph 3.

V80 2,00 MW windturbine met bliksemafleiders hoek gondel= 0. hoek wicken 0.

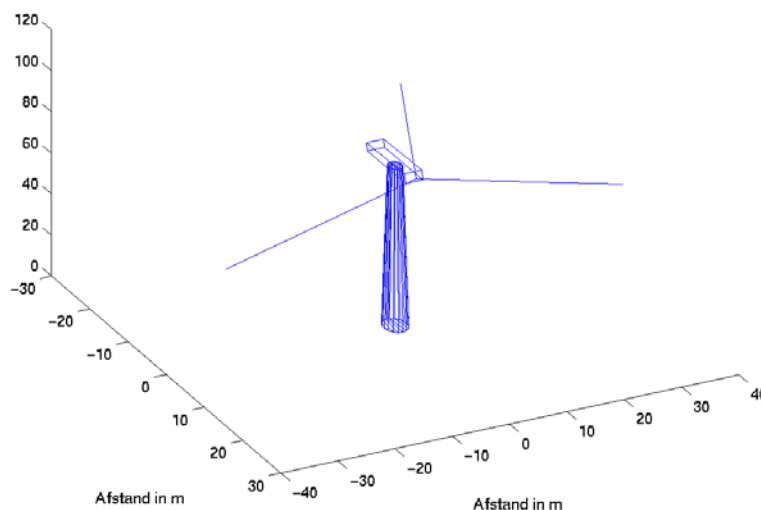


Fig. 1: Electromagnetic model of a generic large wind turbine.

Since data about the materials used is released reluctantly and in fact not yet disclosed, worst case calculations have been made on large generic 3 blade turbines, composed of perfectly electric conducting components, which is a good approximation for the tower and the gondola, but might exaggerate the effects of the blades. An example of such a turbine is shown in Fig. 1. The tower has been simulated by a heptadecagon (polygon with 17 sides) with the EPICS program.

1. Effects on radar systems

They can be essentially subdivided in two kinds of effects: permanent effects (independent of the presence of targets on the screen, even if they are only made apparent by the presence of a target) and temporary effects.

a) Permanent effects

α) The most important factor is the influence of the attenuation of the wind turbine for radar signals. Indeed, a pyramid of shadow exists behind the turbine that extends at maritime frequencies (9.035 MHz) to a 100 meters behind the tower. A detail of the variation of the radar cross-section of an infinitesimally small object 1 m above the sea is given in Fig. 2. The radar is right of the figure at location (0,0). One can see that only a small zone just behind the tower experiences heavy shadowing (blue zone, shadowing more than 40 dB). At some places, due to the reflections of the gondola, the signal is even increased (near -2000 m). The influence of the blades is not visible on this plot. Note that the centreline always shows attenuation. A cross-section of this attenuation is shown in Fig. 3.

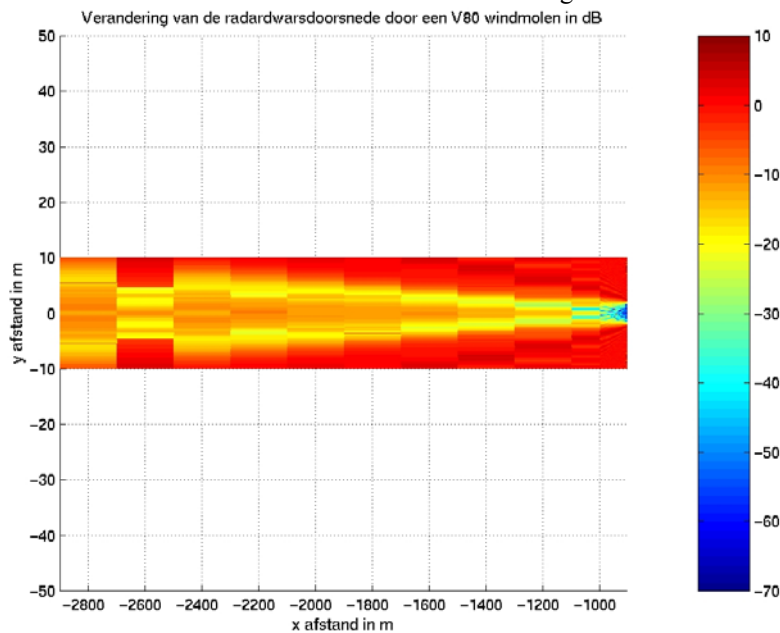


Fig. 2: Variation of the radar cross-section of an object behind a large wind turbine.

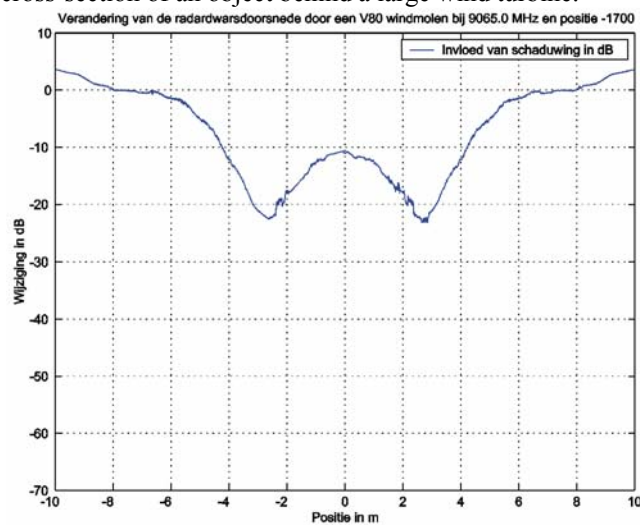


Fig. 3: Variation of the attenuation of a wind turbine at 800 m from the turbine and 1700 m from the radar.

Normally, this effect shows up on a maritime radar screen as a series of dark lines behind the radar, each line corresponding with a wind turbine. A simulated illustration using the radar equation [BART] is given in Fig. 4, where turbines are placed at locations (1000, 200), (1000,400) and (1000,600).

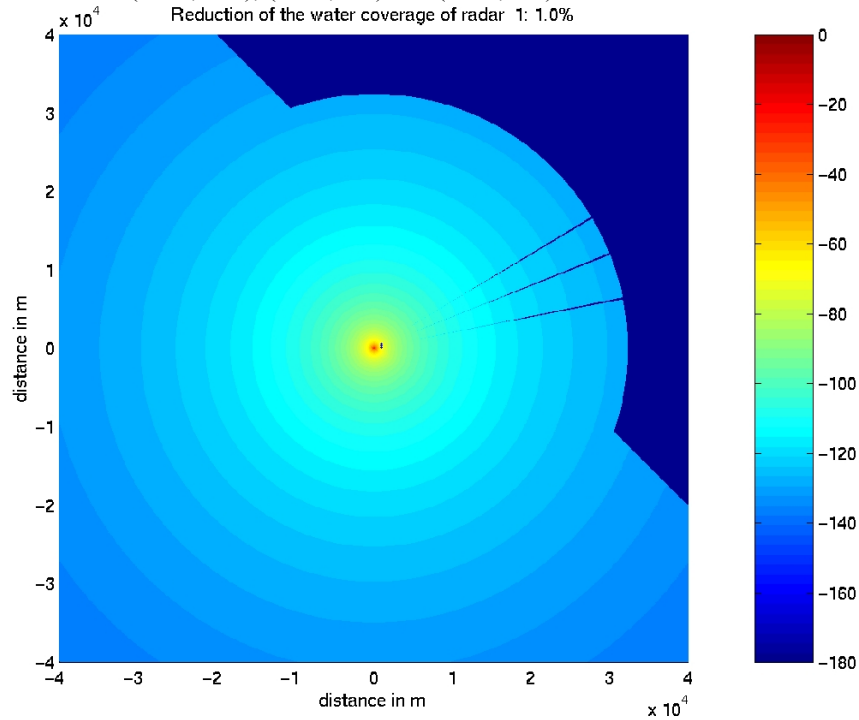


Fig. 4: Intensity of the echo in dBW.

In this figure, the radar is placed on an land (below the line (-20000,40000) (40000,-20000)); the rest is sea). The radar has a peak power of 50 kW, an antenna gain of 34 dBi, and a minimal detection level of -128 dBW. Echo's from targets on the sea falling below this level are coloured dark (blue). The different influences can be split up in three parts. By simulation it is easy to take into account only the effect of one of the parts. The part of the gondola floating freely in the air (without blades and tower) is similar to the effects of an overflying airplane. Indeed, at some places, the signal is enhanced, at other decreased (Fig. 5), but only a few dB. In practice this will be even smaller, since the gondola is shadowed by the tower. The effects of the blades only are in general even smaller, but exceptionally not in the case illustrated here (Fig. 6).

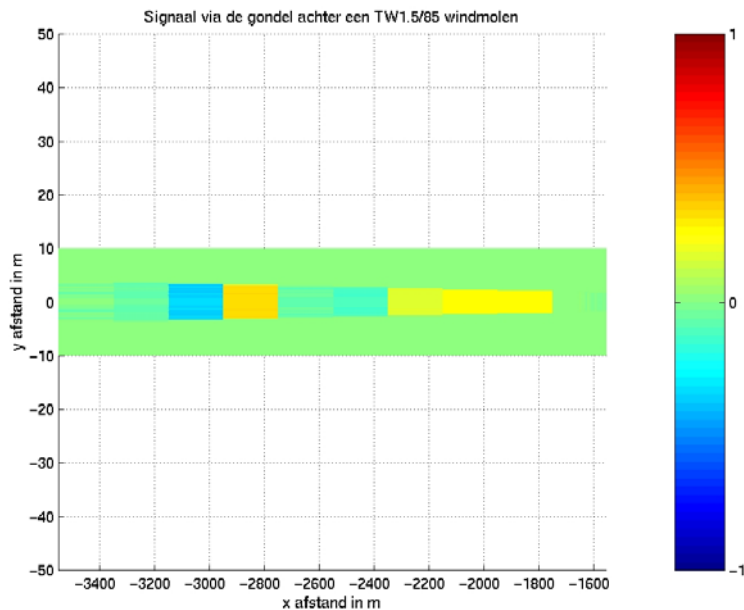


Fig. 5: Variation of the intensity of the echo in dB behind only a floating gondola.

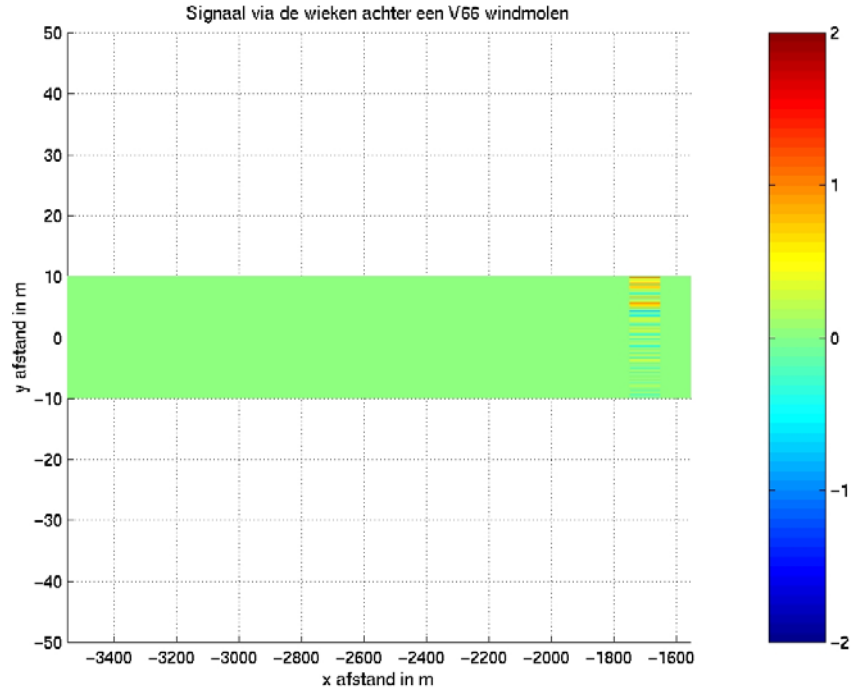


Fig. 6: Variation of the intensity of the echo in dB behind only floating blades turned 40°.

Only when transmitting/receiving along a row of turbines, this can have a significant effect. Therefor, it is in general not recommended to place the wind turbines in line with any existing radar, since the shadowing then becomes very deep. An example of such a problematic case is shown in Fig. 7. In this case, a wind turbine located at (-2354,11654) shadows a second one located at (-2725,13473) (the radar is located at 0,0), so that no diffraction occurs at the right edge of the second turbine, and hence the deep shadowing region extends several hundreds of meters behind this turbine. The effect of the blades can be seen between -2730 and -2725 for the x-co-ordinate and between 13520 and 13540 for the y-co-ordinate (wind coming from the east).

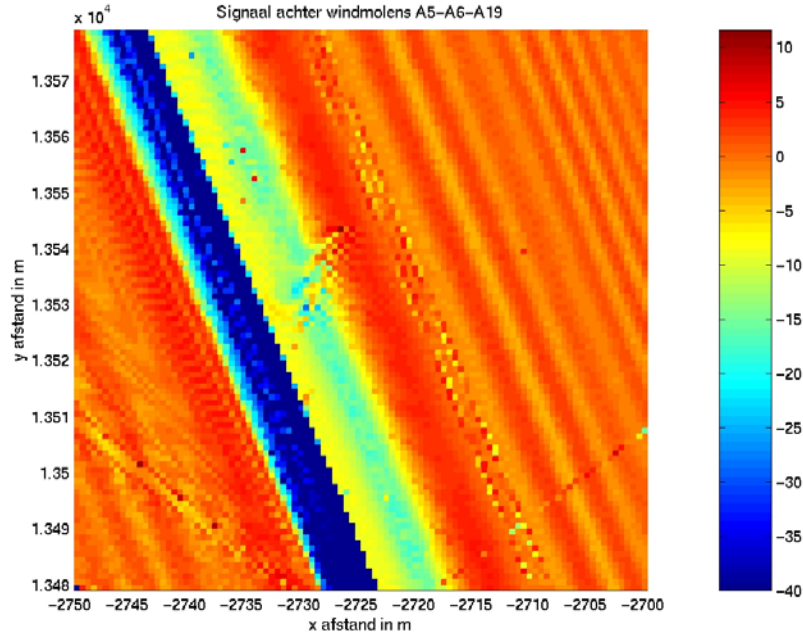


Fig. 7: Variation of the intensity of the echo in dB behind a series of three turbines.

This global picture (without the effect of the blades) can be very well approximated by taking into account only the diffraction around a vertical flat plate. An example to be compared to Fig. 2 is given in . This allowed us to compute large parks of 140 turbines within the allowed time at all frequencies of interest. An example of one 50 element park and one transformer cabin is given in Fig. 9.

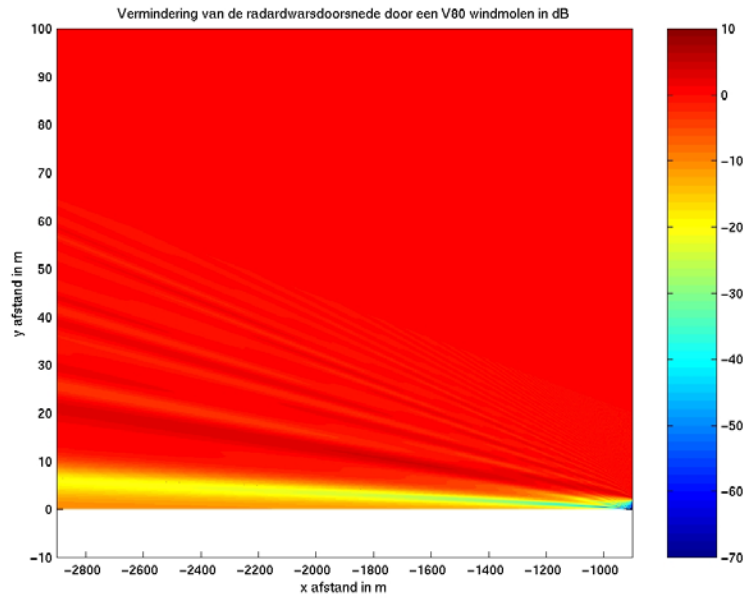


Fig. 8: Approximated computations.

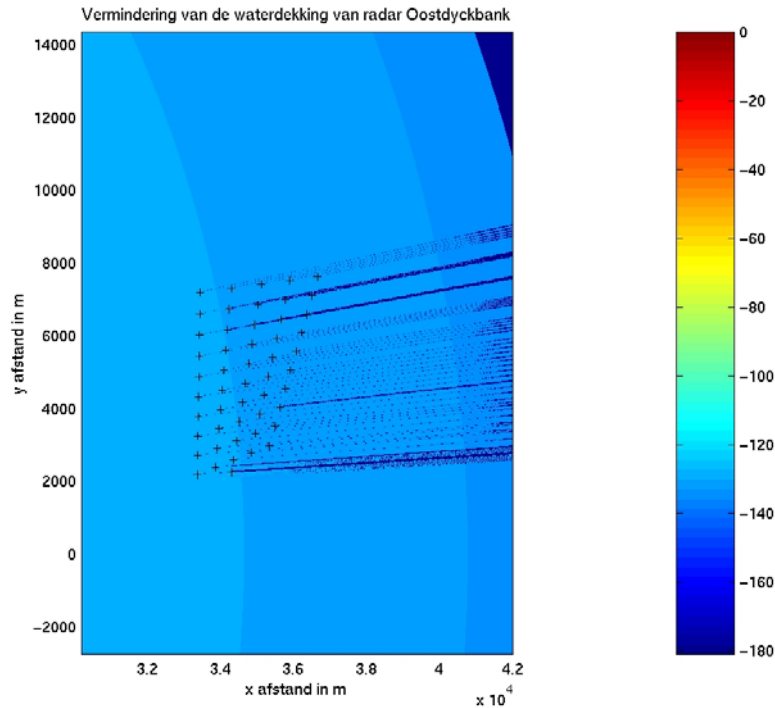


Fig. 9: Global picture for one radar.

β) The second fixed effect is a temporary saturation of the receiver in the neighbourhood of the tower. Since the cross-section is relatively small (around 40 m^2) this effect is normally less than the effects of a large ship or airplane.

b) Temporary effects

Those are essentially the occurrence of false echoes, which can be caused by different phenomena. The wind turbines can generate false images on the radar screen. However, their effect is only noticeable in a small area around them, so that the practical influence of those offshore parks on the working of navigation aids is negligible. We distinguish between two kind of false echoes.

α) The first possibility of generating a false echo, is due to a reflection of the radar wave on a wind turbine. If this reflected wave encounters a nearby large ship, it can be and reflected back towards the radar (Fig. 10).

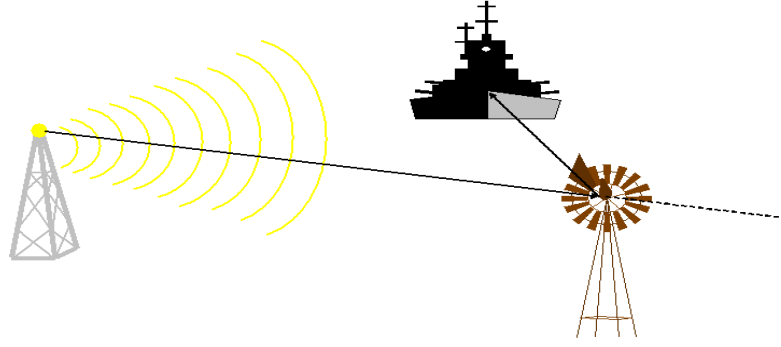


Fig. 10: False echoes via wind turbine.

We shall now show that this kind of echo is generally limited to a radius of a few hundreds of metres around the wind turbine. The formula used to estimate this radius is a modification of the radar equation, namely:

$$R_{2\max} = \sqrt[4]{\frac{P_T G_T^2 \lambda^2 \sigma_{BW}^2 \sigma_{MS}}{P_0 (4\pi)^5 R_W^4}} \quad (1)$$

where P_T is the transmitted peak power in the pulse,

G_T is the gain of the radar antenna,

λ the wavelength in free space,

P_0 the minimal detectable power,

R_W the distance from the wind turbine to the radar,

$R_{2\max}$ the maximal distance from the wind turbine to the ship that can cause the false echoes,

σ_{BW} the bistatic radar cross section of the wind turbine and σ_{MS} the monostatic radar cross section of the ship.

For a case, where the line radar-wind turbine is parallel with the course of a ship, and for a radar cross-section (both monostatic and bistatic) of 2000 m² for the ship and 400 m² for the wind turbine of a large type (absolute maximum), and a wind turbine distance of 7147 m from the radar, both the relative proportions of the echoes (thin black line) as well as their absolute value in dBW (thick yellow line) are shown on Fig. 11 (curves "via wind turbine"). We note that the effects are only noticeable in a small area around the wind turbine. For this case, it is approximately a circle of radius 250 m around the wind turbines. The false echo of every wind turbine for this case, where the ship moves towards the radar on a course parallel with the line radar-wind turbine, moves first on a line radar-wind turbine with nearly the same speed as the ship, and slows down until the ship reaches the closest point to the wind turbine on his course. After this point, the false echo moves away from the wind turbine according to the same line radar-wind turbine. By increasing the detection level of the radar, one can reduce the circle around the wind turbine, where those echoes occur, but by decreasing the range and sensitivity of the radar. For smaller ships (like rescue vessels), the effect will also be significantly smaller.

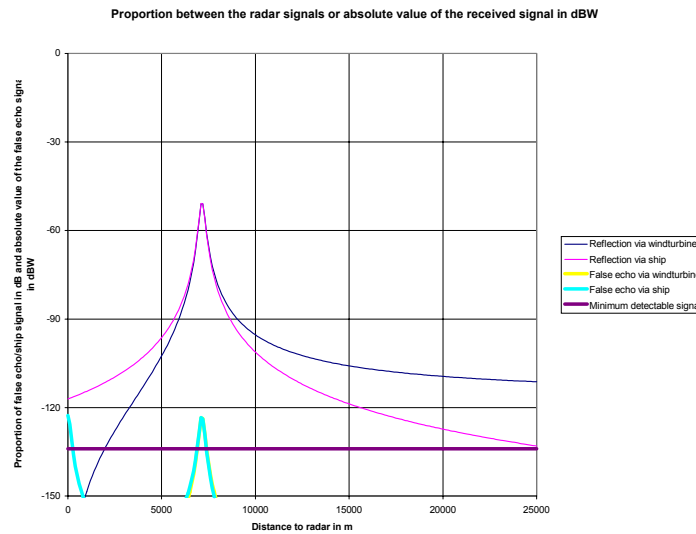


Fig. 11: Positions on the de ship's route where false echoes can occur.

β) The second type of false echoes occur by a wave travelling in the opposite order (by reflection against a ship, a wind turbine, and back via the same ship to the radar; Fig. 12).

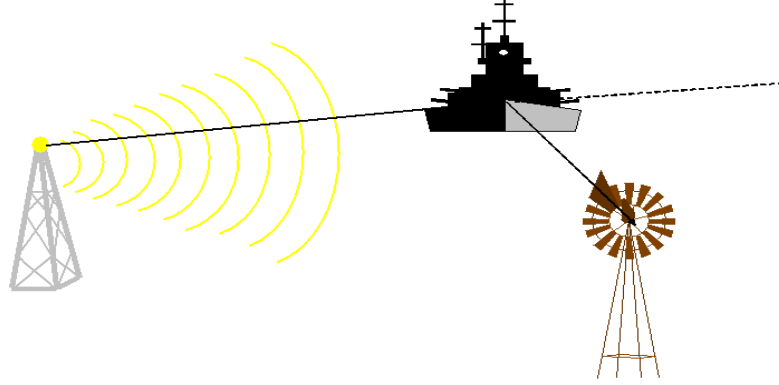


Fig. 12: False echoes via ship.

This type of echoes might be more confusing since they will be noticed on the line ship-radar. If the ship is following the same route as in the first case (parallel to the line radar-wind turbine), we notice that they occur in the neighbourhood of the wind turbine nearly at the same places as in the previous case (see thin purple en and thick blue line on Fig. 11) (curves "via ship"). This type however generates another area of false echoes, close to the radar, where the ship acts as a reflector (circle around the radar). The expression for the maximal distance can be found from:

$$R_{1\max} = \sqrt[4]{\frac{P_T G_T^2 \lambda^2 \sigma_{BS}^2 \sigma_{MW}}{P_0 (4\pi)^5 R_{WS}^4}} \quad (2)$$

The definition of the symbols are the same as those, used in formula (1), with as difference that R_{WS} is the distance from the wind turbine to the ship, $R_{1\max}$ is the maximal distance from the radar to the ship, that can cause false echoes, σ_{BS} is the bistatic radar cross-section of the ship and σ_{MW} the monostatic radar cross-section of the wind turbine.

A radar operator notices this type of echo as an echo closing in onto the ship at twice its speed, until the ship has passed the wind turbine. At that time, the false echo stays nearly unchanged at the same position. The second place where the ship can generate false echoes of this kind is close to the radar: there a mirror image of the wind turbine(s) is generated, but usually rapidly disappears, depending on the direction and the movement of the ship.

A global picture showing the loci of the places where both kinds of false echoes do occur for a ship's radar is shown in Fig. 13. Note that the circles become smaller and smaller, when the wind turbine is further away from the radar and that the "circles" degenerate into strange shapes when the object is very close to the radar. False echoes really do occur in practice. To prove this, two false echoes due to the ship "Antigoon" have been noticed during one of our visits in the control tower in Zeebrugge on 28/01/2002 (Fig. 14). Even multiple reflections can occur if the reflecting objects are within the loci of each other.

This phenomenon can be avoided or reduced (it is more significant and more annoying for air traffic control radars) by several means like:

- 1) by giving the mast a polygonal shape (reducing the bistatic radar cross-section in the radar direction),
- 2) by covering mast and/or gondola with absorbing material (eventually inside a synthetic shell; very expensive)
- 3) by making the mast in composite material, that does not reflect, but absorbs the radiowaves.

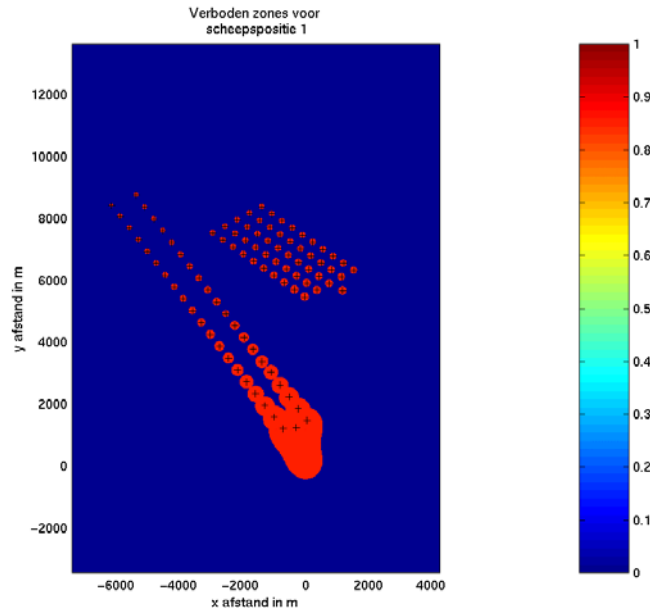


Fig. 13: Loci of false echo positions.

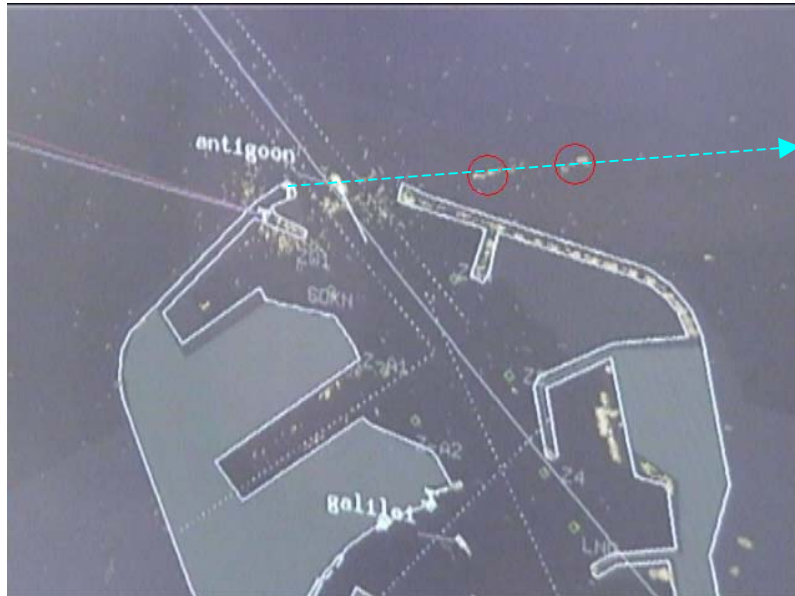


Fig. 14: False echoes on a digital radar screen.

Both kinds of false echoes occur independently of the rotation of the wind turbines, even for air traffic control radars, that normally suppress fixed objects (M(oving)T(arget)I(ndicator)). Note also that the radius is about three times larger in the case of aeronautical radars, since the frequency is three times higher and the power much higher (200 kW), and that hence air traffic controllers do not take this lightly and require this minimal distance from all approach/takeoff airways. What also helps in the maritime case is that the turbines are not placed in deep water but on sand banks and that hence the immediate surroundings are not used for long-haul navigation, but only occasionally for fishing (in this case Ostend) soles or rays.

2. Effects on communication and RDF systems

Since the frequency is much lower, the obstacles will be much smaller in terms of the wavelength, and also will be the effects. The deep shadowing zone now reduces to a few tens of meters behind the turbine (Fig. 15 shows the effect at 165.55MHz).

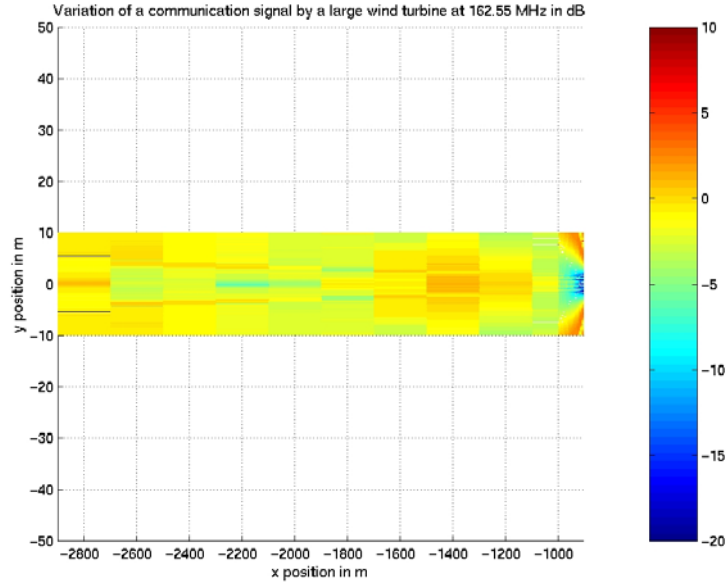


Fig. 15: Attenuation at mariphony frequencies.

Since maritime communications use FM the effects will be nearly inaudible. The effects on the RDF is more interesting to investigate. Indeed, the proportion between the direct and one reflected wave is given by:

$$p = \frac{\sigma_{BW} R_S^2}{4\pi R_W^2 R_{WS}^2}$$

By taking the appropriate direction (Fig. 16) we can find the influence of a whole park on the accuracy of the RDF, depending on the position of the ship which turns out to be very small (less than a tenth of a degree Fig. 17).

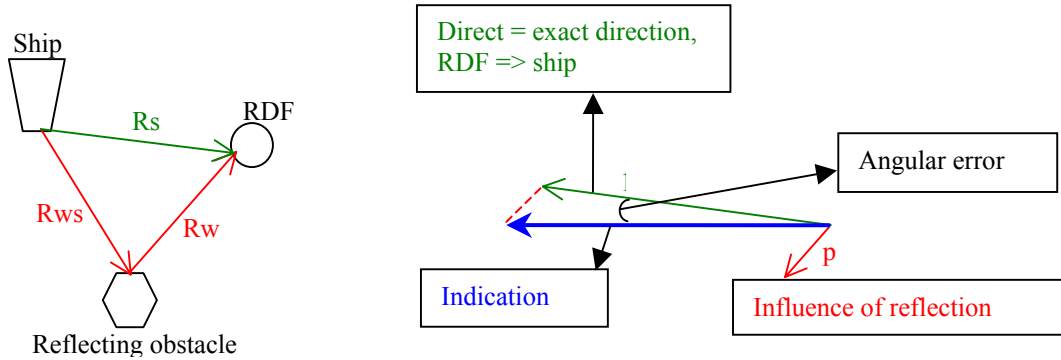


Fig. 16: Vectorial addition of the signals arriving from different directions.

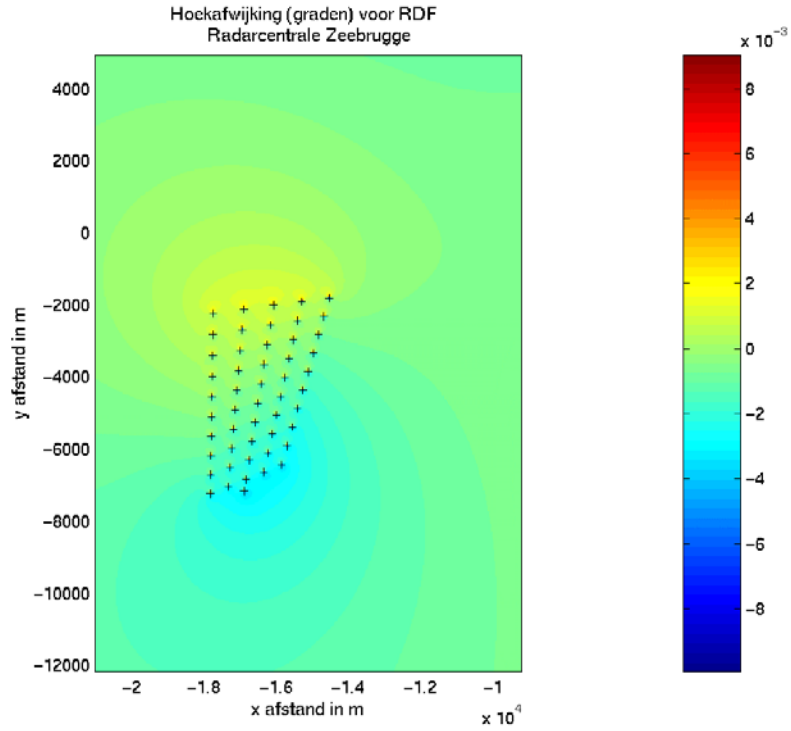


Fig. 17: Global influence of one park on the accuracy of the RDF.

3. Effects on AIS and DGPS systems

Since the ships mostly have (D)GPS on board, it became obvious to use this (very accurate) information to complement the radar systems. The IALA [AIS] has collaborated with ITU [ITU] to develop such a system. Every ship will transmit his position regularly within two dedicated mariphony channels (161.975 & 162.025 MHz) in TDMA mode. The channel delay spread has to be checked to verify the possibility of (slow rate: 9.6 kbps) data transmission. This turned out to be no problem, since the highest delay spread was about 300 nsec (Fig. 18).

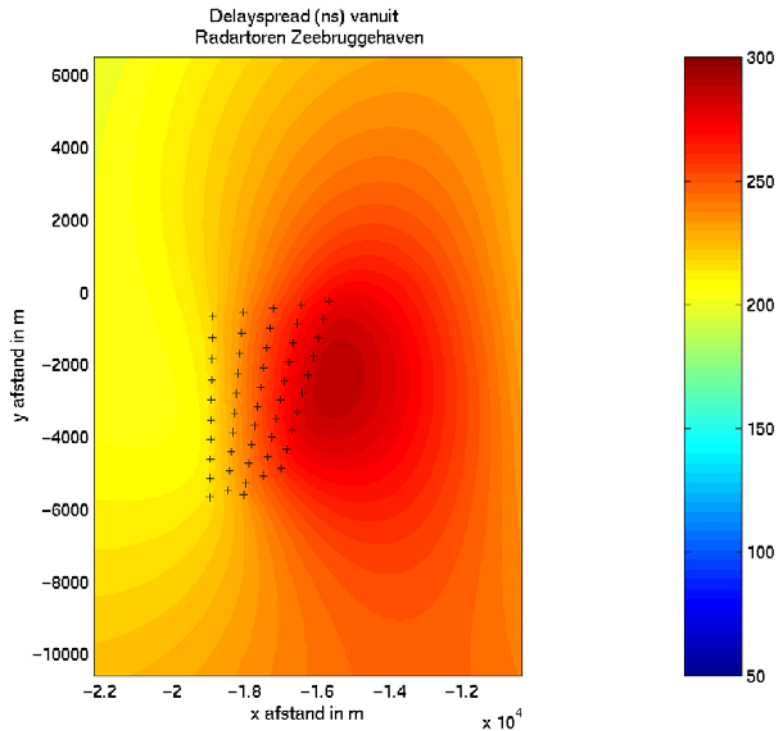


Fig. 18: Delay spreads in the neighbourhood of a turbine park.

For DGPS systems (in this case the transmitter uses a frequency of 312 kHz) we have to use moment methods to compute the near-field of the park. The result is rather unexpected in that sense that the parks form an array increasing the fields behind the park, but only about half a dB, except in the immediate neighbourhood of the turbines themselves (a flat sea water surface with a relative permittivity of 70 and a conductance of 5 S/m was used to generate Fig. 19).

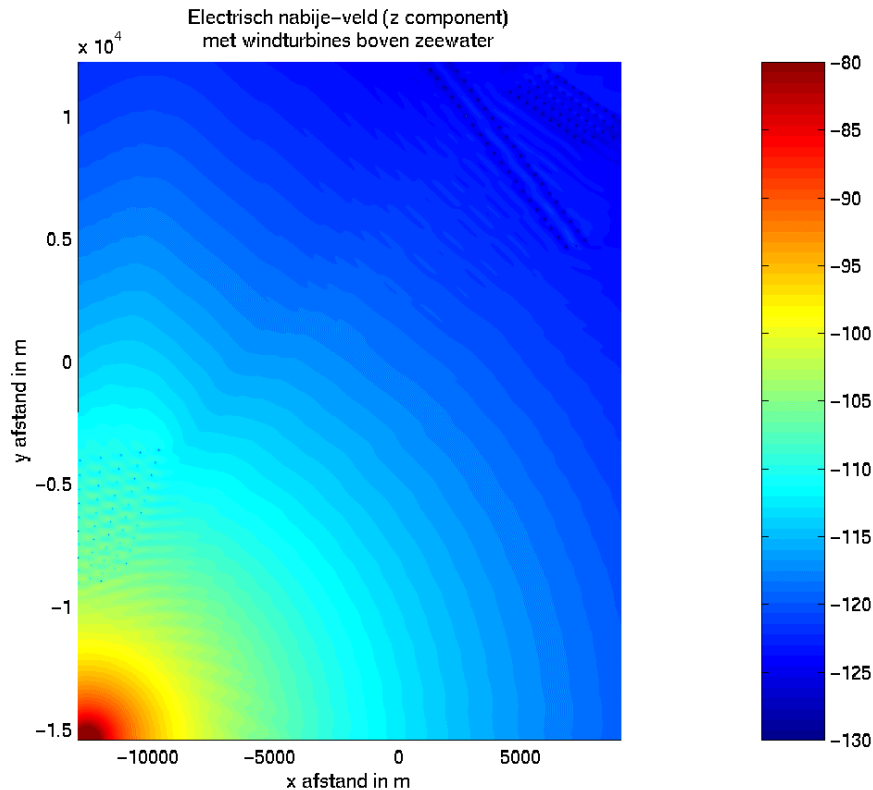


Fig. 19: DGPS vertical near field components in the neighbourhood of 3 turbine parks.

CONCLUSIONS

The adverse effects are usually very limited in space and magnitude, unless the targets or the origin/destination of the communication system, are very close (less than 1 km) from the wind turbines. Even then, some of the effects can be strongly reduced by using absorbing material, but making the installation at that particular site very costly.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are greatly indebted to the directors and personnel of the supranational organisation "Schelderadarketen", more in particular, ir. Johan Raes and ir. Victor Cox, directors, as well as to ir. Wim Smets, who not only funded the largest part of this research, but gave us all information on their radar/communication systems. Also some parks (Totalfina, Tractebel, SPE) provided us funding by granting to us the preliminary study. For the aeronautical part, Belgocontrol (ir. Jan Cottyn, director, ir. Alain Bruggeman (ILS), ir. Manuel De Klerck (Radar) and ir. Luc Lauvrys (communication systems)) as well as WVEM (providing the funding) originated those studies.

REFERENCES

- [AIS] IALA, "IALA Guidelines on Universal Shipborne Automatic Identification System", AIS 9, Kiel, 6 april 2001
- [BART] D.K. Barton, "Modern Radar System Analysis", Artech House, 1988
- [BBC1] J.L. Eaton, R.I. Black and G.H. Taylor, "Interference to television reception from large wind turbines", BBC Research Dept., Eng. Div., March 1983
- [BBC2] D.T. Wright, "Effects of Wind Turbines on Television Reception: Field test in Denmark", nov. 1991
- [CAA] H.S. Dabs, R.J. Chignell, "The provision of guidelines for the installation of wind turbines near aeronautical radio stations", Civil Aviation Authority Paper 99002, April 1999
- [ITU] Recommendation ITU-R M.1371-1, (1998-2001)
- [JULL] E.V. Jull, "Aperture antennas and diffraction theory", Peter Peregrinus Ltd., 1981.
- [MEDE] J. Kats and J. Van Rees, "Hinder voor TV ontvangst, een niet te onderschatten aspect van grote windturbines", DNL, Verslag 546 DNL/86, 1986
- [SEN] D. Sengupta and T. Senior, "Electromagnetic Interference to Television Reception Caused by Horizontal Axis Wind turbines", IEEE proceedings, Vol. 67, no. 8, August 1979.

BIJLAGEN HOOFDSTUK 5

Bijlage 5.3.1: Visualisaties van het cumulatief scenario (Foto's: Grontmij; Simulaties en montage: ARCADIS Nederland)

Bijlage 5.3.2: Veiligheidsstudie North Sea Power windpark (MARIN, 2011)

The background of the top section is a photograph of a vast ocean with white-capped waves under a clear sky. The horizon line is visible in the distance. The image is used as a decorative header for the report.

Challenging wind and waves

Linking hydrodynamic research to the maritime industry

VEILIGHEIDSTUDIE OFFSHORE WINDPARK "North Sea Power"

Eindrapport

Rapport Nr. : 23307.620/B3
Datum : 15 april 2011

Paraaf Management:

VEILIGHEIDSTUDIE OFFSHORE WINDPARK "North Sea Power"

MARIN opdracht nr. : 23307.620

Opdrachtgever : Norther NV/SA
Rue de la Place 41
5031 Grand-Leez
België

Auteur : W.H. van Iperen
C. van der Tak

INHOUDSOPGAVE

Pag.

1	INLEIDING.....	8
2	DOELSTELLING	8
3	WERKWIJZE	9
3.1	SAMSON.....	9
3.2	Effect van het windpark.....	11
3.3	Modelinvoer en uitgangspunten.....	12
3.3.1	Verkeer	12
3.3.2	Gebruikte modellen	19
3.4	Gevolgschade	19
3.4.1	Schade aan windturbine en schip.	19
3.4.2	Bepalen van persoonlijk letsel.....	22
3.5	Effecten voor de scheepvaart	22
3.6	Cumulatieve effect	24
3.7	Kruisende scheepvaart	24
3.8	Tijdelijk onmanoeuvreerbare schepen	37
4	RESULTATEN.....	40
4.1	Locatie, scenario's en configuraties.....	40
4.2	Aanvaar/aandrijf frequenties	43
4.3	Gevolgschade	46
4.3.1	Schade aan het schip.....	46
4.3.2	Schade aan de windturbines	46
4.3.3	Milieuschade.....	47
4.3.4	Persoonlijk letstel.....	49
4.4	Effecten voor de scheepvaart	49
4.5	Het effect van het werkverkeer op het risico.....	50
4.6	Het cumulatieve effect	50
4.7	Radardekking van de Belgische havens.....	50
4.8	Kruisende scheepvaart	50
5	MAATREGELEN	51
5.1	Gebruik van AIS.....	51
5.2	Inzet van een ETV (Emergency Towing Vessel)	51
5.3	Autonome ontwikkeling uitstroom van olie.....	52
6	CONCLUSIES	54
	REFERENTIES	56
	APPENDIX A1:.....	57
	Resultaten windpark North Sea Power onder scenario 1 in configuratie 1	57
	APPENDIX A2:.....	64
	Resultaten windpark North Sea Power onder scenario 1 in configuratie 2	64
	APPENDIX A3:.....	71
	Resultaten windpark North Sea Power onder scenario 2 in configuratie 1	71
	APPENDIX A4:.....	78
	Resultaten windpark North Sea Power onder scenario 2 in configuratie 2	78

OVERZICHT VAN TABELLEN EN FIGUREN

Tabellen:

Tabel 3-1	Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip.....	21
Tabel 4-1	Gehanteerde gegevens per configuratie	43
Tabel 4-2	Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor het North Sea Power windpark (inclusief hoogspanningsstations en meetmasten) binnen de beschouwde cumulatieve variant	45
Tabel 4-3	Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per MWh voor het North Sea Power windpark (inclusief hoogspanningsstations en meetmasten) binnen de beschouwde cumulatieve variant	45
Tabel 4-4	Verwachte aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken en configuraties in cumulatief scenario 1	45
Tabel 4-5	Verwachte aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken en configuraties in cumulatief scenario 2	45
Tabel 4-6	Verwacht totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor alle parken in een cumulatieve variant.....	46
Tabel 4-7	Verwacht aandeel aanvaringen/aandrijvingen voor het North Sea Power windpark in verhouding met het totaal per cumulatieve variant	46
Tabel 4-8	Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie	48
Tabel 4-9	Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als percentage van de totale uitstroom die als gevolg van de veronderstelde windparken in de scenario's plaats vindt	48
Tabel 4-10	Gemiddelde olie uitstroom van het North Sea Power windpark ten opzichte van alle windparken per cumulatieve variant.....	48
Tabel 4-11	De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh.....	48
Tabel 6-1	Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten	54
Tabel A1-1	Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant NSP_sc1_conf1	59
Tabel A1-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant NSP_sc1_conf1	60
Tabel A1- 3	Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken in het scenario	60
Tabel A1-4	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen	60
Tabel A1-5	Schade aan het totale windpark	60
Tabel A1-6	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines	61
Tabel A1-7	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine	62
Tabel A1-8	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine	62
Tabel A1-9	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine.....	62
Tabel A1-10	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine	63
Tabel A1-11	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt	63

Tabel A2-1	Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant NSP_sc1_conf2	66
Tabel A2-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant NSP_sc1_conf2	67
Tabel A2- 3	Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken in het scenario	67
Tabel A2-4	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen	67
Tabel A2-5	Schade aan het totale windpark	67
Tabel A2-6	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines	68
Tabel A2-7	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine	69
Tabel A2-8	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine	69
Tabel A2-9	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine	69
Tabel A2-10	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine	70
Tabel A2-11	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt	70
Tabel A3-1	Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant NSP_sc2_conf1	73
Tabel A3-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant NSP_sc2_conf1	74
Tabel A3- 3	Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken in het scenario	74
Tabel A3-4	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen	74
Tabel A3-5	Schade aan het totale windpark	74
Tabel A3-6	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines	75
Tabel A3-7	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine	76
Tabel A3-8	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine	76
Tabel A3-9	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine	76
Tabel A3-10	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine	77
Tabel A3-11	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt	77
Tabel A4-1	Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant NSP_sc2_conf2	80
Tabel A4-2	Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant NSP_sc2_conf2	81
Tabel A4- 3	Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken in het scenario	81
Tabel A4-4	Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen	81
Tabel A4-5	Schade aan het totale windpark	81
Tabel A4-6	Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines	82
Tabel A4-7	Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine	83
Tabel A4-8	Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine	83

Tabel A4-9	Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine	83
Tabel A4-10	Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine	84
Tabel A4-11	Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt	84

Figuren:

Figuur 3-1	Systeemdiagram SAMSON	10
Figuur 3-2	Scheepvaartverkeer van 1 week in juli 2008. Schepen zijn geplot om de 10 minuten. Zwart puntje bij koers tussen 0° en 180°, bruin puntje bij koers van 180° tot 360°. De windturbines en grenzen van het nog niet aanwezige windpark North Sea Power zijn ingetekend.	14
Figuur 3-3	De 30 doorsnijdingslijnen waarmee de aantallen passages over de verschillende routes op de Belgische Noordzee zijn bepaald.....	15
Figuur 3-4	Verbindingen tussen lijnen met aantal routegebonden schepen ..	16
Figuur 3-5	Verbinding tussen lijnen met plot van scheepsposities van één week AIS.....	16
Figuur 3-6	Verkeersdatabase zonder windparken in de Belgische Noordzee	18
Figuur 3-7	Verkeersdatabase zonder windparken in de Belgische Noordzee met plot van scheepsposities uit AIS.....	18
Figuur 3-8	Figuren van de verschillende bezwijkvormen.	20
Figuur 3-9	Windpark gezien vanaf het eigen schip.....	25
Figuur 3-10	Windpark gezien vanaf het schip met een klein schip in het buitenbeeld	26
Figuur 3-11	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (I) ...	29
Figuur 3-12	Opstelling windturbines in dichte opstelling versprongen (II)	29
Figuur 3-13	Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III)	30
Figuur 3-14	Opstelling vierkant als I maar dan 45° gedraaid (IV).....	30
Figuur 3-15	Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m	31
Figuur 3-16	Schaduw > 30 m, > 40 m en maximale lengte van een schaduwstuk	32
Figuur 3-17	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 500 m	33
Figuur 3-18	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 1000 m	33
Figuur 3-19	Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, afstand tussen turbines 580 m en vaarafstand 500 m	34
Figuur 3-20	Schaduw > 10 m, > 20 m en > 30 m lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse	35
Figuur 3-21	Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse	36
Figuur 3-22	NUC-records met snelheid over de grond < 6 knopen en drifthoek > 30° (maart -december 2005)	37
Figuur 3-23	Aantal storingen op traject tot havenmond.....	39
Figuur 3-24	Aantal storingen op traject tot havenmond.....	39
Figuur 4-1	Verkeersbeeld in de huidige situatie, bij aanwezigheid van windparken Belwind, Eldepasco en C-Power (afgebeeld van noordwest naar zuidoost)	41
Figuur 4-2	Verkeerssituatie bij scenario 1 bij aanwezigheid van (van noordwest naar zuidoost) Belwind, Eldepasco, C-Power en North Sea Power, inclusief 1 nm rond de windparken.	41
Figuur 4-3	Verkeerssituatie bij scenario 2 bij aanwezigheid van (van noordwest naar zuidoost) Belwind, SEASTAR, Eldepasco, RENTEL, C-Power en North Sea Power, inclusief 1 nm rond de windparken.....	42
Figuur A1-1	Lay-out Windpark North Sea Power configuratie 1 in scenario 1 .	57

Figuur A1-2	Grafische weergave van de aanvaar- en aandrijfkans per turbine	57
Figuur A1-3	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)	. 61
Figuur A2-1	Lay-out Windpark North Sea Power configuratie 2 in scenario 1	. 64
Figuur A2-2	Grafische weergave van de aanvaar- en aandrijfkans per turbine	64
Figuur A2-3	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)	. 68
Figuur A3-1	Lay-out Windpark North Sea Power configuratie 1 in scenario 2	. 71
Figuur A3-2	Grafische weergave van de aanvaar- en aandrijfkans per turbine	71
Figuur A3-3	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)	. 75
Figuur A4- 1	Lay-out Windpark North Sea Power configuratie 2 in scenario 2	. 78
Figuur A4-2	Grafische weergave van de aanvaar- en aandrijfkans per turbine	78
Figuur A4-3	Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)	. 82

1 INLEIDING

Dit rapport beschrijft de veiligheidsstudie voor het offshore windpark “North Sea Power” die MARIN in opdracht van Norther heeft uitgevoerd. Hierin worden de effecten op de scheepvaart door de aanwezigheid van het windpark gekwantificeerd.

In de omgeving van North Sea Power zijn meerdere windparken gepland en voor een deel reeds in aanbouw. Bij de berekeningen is daarom rekening gehouden met de aanwezigheid van in ieder geval de nabij gelegen windparken Belwind, Eldepasco en C-Power, omdat deze windparken reeds vergund en deels al in aanbouw zijn. In een tweede scenario is daarnaast uitgegaan van de extra aanwezigheid van de twee windparken RENTEL en SEASTAR. Hierdoor ontstaat een aaneengesloten strook van zes windparken.

Beide scenario's worden doorgerekend voor twee inrichtingsvarianten van North Sea Power.

De opbouw van dit rapport is als volgt:

Hoofdstuk 2 bevat de doelstelling van deze studie.

In Hoofdstuk 3 is geschetst hoe de veiligheidsstudie is opgezet, welke informatie nodig is en waar deze informatie vandaan komt. Dit hoofdstuk bevat geen windparkspecifieke gegevens. Wanneer men bekend is met de werkwijze kan het dus worden overgeslagen. In afwijking met andere veiligheidsstudies is het cumulatieve effect in deze studie opgenomen in de beschouwde configuraties en inrichtingsvarianten.

De resultaten van de veiligheidsstudie voor het windpark North Sea Power worden gegeven in Hoofdstuk 4.

In Hoofdstuk 5 wordt ingegaan op eventuele maatregelen die het risico voor de scheepvaart kunnen verkleinen.

Hoofdstuk 6 bevat de conclusies van de studie.

2 DOELSTELLING

De doelstelling van deze studie is het bepalen van de effecten op de scheepvaart voor twee verschillende omgevingsscenario's en twee verschillende configuraties van het windpark North Sea Power. Hiertoe wordt specifiek het volgende gekwantificeerd:

- De kans op een aanvaring/aandrijving van een windmolen per jaar.
- De milieueffecten in termen van uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een windmolen.
- Persoonlijk letsel in termen van het verwachte aantal doden als gevolg van een aanvaring met een windmolen.

3 WERKWIJZE

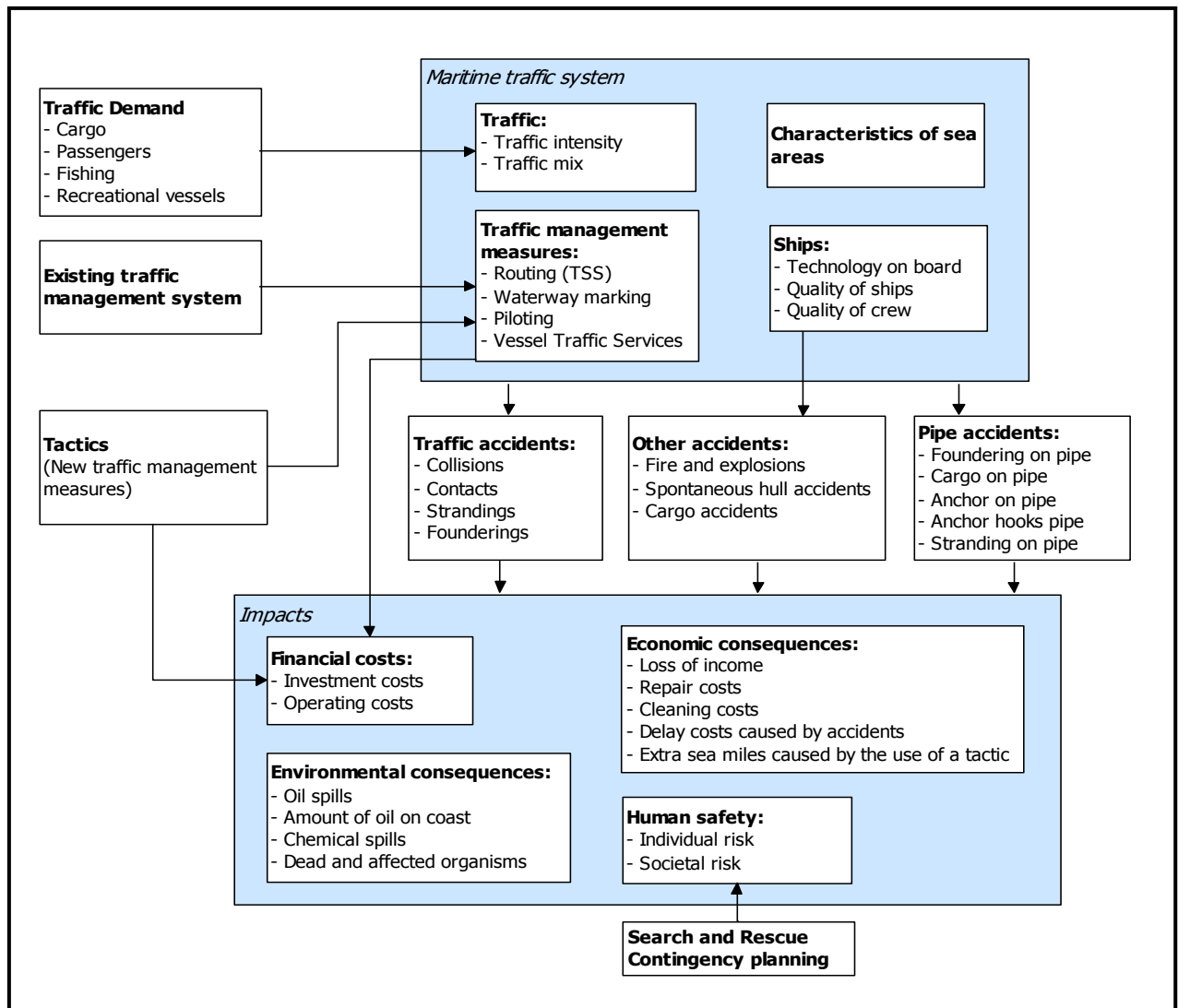
3.1 SAMSON

Het SAMSON-model (Safety Assessment Model for Shipping and Offshore on the North Sea) is ontwikkeld voor het voorspellen van effecten van ruimtelijke ontwikkelingen in de Noordzee, van ontwikkelingen in de scheepvaart zelf en van maatregelen ten aanzien van de scheepvaart. De effecten die met het model bepaald kunnen worden bestaan uit:

- Aantal ongevallen per jaar, onderverdeeld naar aard van de ongevallen en betrokken schepen en objecten.
- Omgevaren afstand en gerelateerde kosten
- Emissie van milieugevaarlijke stoffen
- Consequenties van ongevallen, zoals het uitstromen van lading- of bunkerolie of persoonlijk letsel.

Het model is ontwikkeld voor Directoraat-Generaal Goederenvervoer (nu Directoraat-Generaal Transport en Luchtvaart) en wordt gebruikt om de kansen en consequenties van alle type ongevallen op zee te schatten. Een algemene beschrijving van het model kan worden gevonden in [1]. In de executive summary van POLSSS, Policy for Sea Shipping Safety [2], wordt beschreven op welke wijze SAMSON gebruikt is om de kosten en gevolgen van een groot aantal beleidsmaatregelen te voorspellen.

In Figuur 3-1 wordt het systeemdiagram weergegeven van het SAMSON-model, vrijwel alle blokken in dit diagram zijn beschikbaar binnen het model. Het grote blok “Maritime traffic system” (rechts boven) bevat vier sub-blokken. Deze vier sub-blokken beschrijven het verkeersbeeld; het aantal scheepsbewegingen, de scheepskenmerken (lengte enz.) en de lay-out van het zeegebied. De ongevalskansmodellen voor een aanvaring, stranding, brand/explosie etc. worden gebruikt om de ongevalsfrequentie te voorspellen gebaseerd op het verkeersbeeld. Het grote blok “Impacts” bevat de sub-blokken waarmee de consequenties bepaald worden van de ongevallen.



Figuur 3-1

Systeemdiagram SAMSON

3.2 Effect van het windpark

De aanleg van het windpark heeft gevolgen voor de scheepvaart. Een schip dat nu een route volgt door het toekomstige windpark, zal in de toekomst zijn route moeten verleggen en het windpark op minimaal 500 meter afstand passeren. Dit betekent dat dit schip **hinder** ondervindt van het windpark. Er zijn echter meer gevolgen. Doordat het schip een andere route neemt krijgen de scheepvaartroutes buiten het windpark een hogere (misschien fractioneel) intensiteit. Als gevolg van de hogere intensiteiten op deze routes is het de verwachting dat het aantal ontmoetingen en dus ook het aantal ongevallen toeneemt.

Er treden echter ook nieuwe typen ongevallen op, namelijk **aanvaringen** en **aandrijvingen** met een windturbine van het windpark. In SAMSON worden dit soort ongevallen aangeduid met respectievelijk **rammings** en **drifting contacts**;

- Een **ramming** (aanvaring) is het gevolg van een navigatiefout, wanneer de navigator van een schip, dat op ramkoers ligt met een windturbine van het windpark, niet of te laat reageert. Een navigatiefout kan verschillende oorzaken hebben, zoals; onwetendheid, het niet zien van het windpark, het niet aanwezig zijn op de brug, onwel worden en niet kunnen reageren etc. De snelheid bij de aanvaring is hoog.
- Een **drifting** (aandrijving) treedt op wanneer een schip door een machinestoring niet meer manoeuvreerbaar is. In eerste instantie zal men proberen voor anker te gaan, maar indien dit niet mogelijk is, is het schip overgeleverd aan wind, golven en stroom. Een driftend schip kan vervolgens tegen een windturbine van het windpark komen zonder dat men dit aan boord kan voorkomen. De aanvaring is dwarsscheeps en de snelheid gering.

Deze ongevallen komen voort uit het scheepvaartverkeer rondom het windpark en **behoeven niet noodzakelijkerwijs** tot de groep schepen beperkt te blijven die door het gebied van het windpark voeren toen dat er nog niet was.

Om de effecten van het windpark op de scheepvaart te kunnen berekenen moet de nieuwe afwikkeling van het scheepvaartverkeer voor de situatie met het windpark in SAMSON gemodelleerd worden. De scheepvaart moet het windpark op minimaal 500 m passeren. Door de grootte van het windpark wordt de verkeersafwikkeling duidelijk beïnvloed door het windpark. Voor iedere locatie van het windpark is daarom een nieuwe verkeersdatabase aangemaakt, waarin het veranderde vaarpatroon is ingebracht. Vervolgens kunnen de ongevalskansmodellen van SAMSON toegepast worden voor het doorrekenen van de effecten van het windpark voor de scheepvaart. Op basis van de nieuwe verkeersdatabase wordt een complete **risicoanalyse** uitgevoerd. Dit houdt in dat het *veranderde* risico voor de scheepvaart wordt bepaald ten gevolge van de veranderingen in de verkeersafwikkeling rond het windpark. Daarboven wordt het door het windpark geïntroduceerde nieuwe risico, namelijk de kans op een aanvaring met het windpark bepaald.

3.3 Modelinvoer en uitgangspunten

De volgende uitgangspunten, zijnde aannames, modelinput en parameters worden voor de berekeningen gehanteerd.

3.3.1 Verkeer

Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van een verkeersdatabase. Een verkeersdatabase bevat links, linkintensiteiten en linkkarakteristieken. Een link is de rechte verbinding tussen twee punten. De linkintensiteit beschrijft het aantal schepen dat per jaar over die link vaart, onderverdeeld naar scheepstype en scheepsgrootte. De linkkarakteristiek beschrijft hoe breed de link is en de laterale verdeling hoe het verkeer over die link verdeeld is. Het verkeer op zee wordt onderverdeeld in twee groepen, namelijk het "routegebonden" en het "niet-routegebonden" verkeer. Het routegebonden verkeer bevat de scheepsbewegingen van de koopvaardischepen, die op weg zijn van haven A naar haven B. Het niet-routegebonden verkeer bevat de scheepsbewegingen van de schepen die een missie ergens op zee hebben, zoals visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart. In SAMSON zijn deze scheepsgroepen op een verschillende manier gemodelleerd.

Het *routegebonden* verkeer is gemodelleerd op scheepvaartroutes over de Noordzee. Vanwege de ligging van de havens en de verkeersscheidingsstelsels beweegt het grootste deel van deze schepen zich over een netwerk van links (met een bepaalde breedte), vergelijkbaar met het wegennetwerk op het land. In de praktijk kunnen er schepen buiten deze links varen aangezien men overal mag varen, zolang men de regels in acht neemt. Dit aandeel is echter zeer klein aangezien de links met elkaar alle kortste verbindingen tussen havens omvatten.

Voor het bepalen van het netwerk van links op de Belgische Noordzee, en de bijbehorende intensiteiten, is gebruik gemaakt van de AIS-data van het hele jaar 2008 verzameld door de Nederlandse Kustwacht. AIS (Automatic Identification System) is een systeem dat automatisch een aantal malen per minuut (afhankelijk van de snelheid) een bericht uitzendt waarin de positie, snelheid en vaarrichting zijn opgenomen en enkele belangrijke gegevens voor de scheepsidentificatie. Dit vergemakkelijkt het contact opnemen met elkaar in geval van een potentieel gevaarlijke situatie, zoals een dreigende aanvaring tussen twee schepen. Door AIS is de kans op een aanvaring gegeven een ontmoeting afgenomen. AIS heeft een bijkomend voordeel dat de scheepvaart ook vanaf de wal steeds beter gevolgd kan worden. De AIS-berichten van de schepen worden opgevangen door ontvangststations langs de kust en op offshore platforms die de informatie doorzenden naar het Kustwachtcentrum in Den Helder. Hier worden de AIS targets op een grote wand geprojecteerd. Men heeft nu in het Kustwachtcentrum een goed beeld van wat er op het Nederlandse deel van de Noordzee vaart en dit helpt bij het uitvoeren van operationele taken.

MARIN krijgt maandelijks een tape van de Kustwacht met alle AIS-data en mag deze AIS-data gebruiken voor het uitvoeren van veiligheidsstudies betreffende de scheepvaart, zoals deze.

Bij het bepalen van de verkeersdatabase is rekening gehouden met het nieuwe verkeersscheidingsstelsel in het aanloopgebied van Rotterdam dat sinds 1 juli 2008 van kracht is, alsmede met de Nederlandse windparken Prinses Amalia en Offshore Windpark Egmond aan Zee voor de kust bij IJmuiden.

Voor de locatie wordt een aangepaste verkeersdatabase gegenereerd, waarbij ervoor wordt gezorgd dat het *routegebonden* verkeer niet door de desbetreffende windparklocatie vaart. De aanvaar-/aandrijf kansen voor de turbines worden alleen

bepaald voor de aangepaste verkeersdatabase, de database waarbij de locatie voor het windpark is vrijgemaakt.

Het *niet-routegebonden* verkeer (visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart) kan niet op de voorgaande wijze worden gemodelleerd. Het gedrag van dit verkeer op zee is duidelijk anders. Men vaart niet van haven A naar haven B langs duidelijke routes, maar van haven A naar een of meerdere bestemmingen op zee en vervolgens meestal weer terug naar de vertrekhaven A. Het gedrag op zee is meestal onvoorspelbaar. Vissers varen bovendien nog vaak heen en weer in een visgebied. Dit is de reden waarom dit verkeer door middel van dichtheden in SAMSON is gemodelleerd. De gemiddelde dichtheid in 8 bij 8 km gridcellen komt uit het VerkeersOnderzoek NOordzee Visuele Identificatie (VONNOVI). VONNOVI is gebruikt voor de validatie van de scheepvaartroutes van het *routegebonden* verkeer en voor het bepalen van de benodigde dichtheden van het *niet-routegebonden* verkeer.

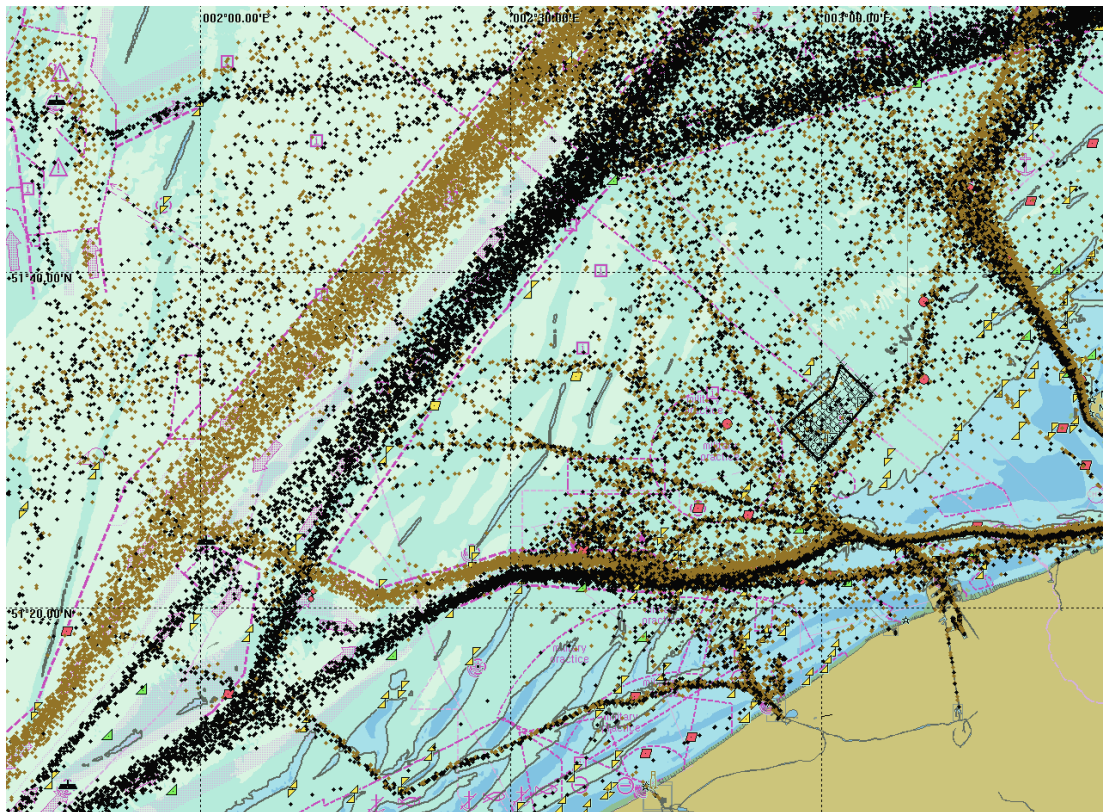
Tijdens een VONNOVI-vlucht wordt een aantal raaien afgevlogen. Zodra men een schip dat binnen een raai vaart ziet, wordt de positie en de scheepsnaam genoteerd. Later worden andere scheepskenmerken toegevoegd en worden alle waarnemingen verwerkt. Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van de verkeersdichtheden op basis van de VONNOVI-vluchten van 1999 -2001. Het overgrote deel van de *niet-routegebonden* scheepvaart bestaat uit vissers.

Het deel van de Belgische Noordzee dat aan Nederland grenst, is meegenomen in het VONNOVI onderzoek, zodat de dichtheid aan niet-routegebonden verkeer in het gehele Belgische concessiegebied uit het VONNOVI-onderzoek bekend is.

Supplyvaart: De supplyvaart verzorgt de bevoorrading van de platforms. Ze onderscheiden zich van de vissers en recreatievaart doordat de bestemming vaak vast ligt. Deze vaart gedraagt zich direct buiten de havens veel meer als *routegebonden* vaart. De supplyvaart is dan ook uit het *niet-routegebonden* verkeer gehaald en op extra links aan de routestructuur van de *routegebonden* schepen toegevoegd. Op de Belgische Noordzee staan geen offshore platforms dus is de supplyvaart gering.

Analyse van AIS-data van 2008

Voor het samenstellen van de verkeersdatabase is de AIS-data van 2008 (ruim 700 GB aan data) gebruikt. Om een beeld te krijgen van de huidige verkeersafwikkeling is een week AIS-data van juli 2008, dus na de ingebruikname van het nieuwe verkeersscheidingssysteem van Rotterdam, weergegeven in Figuur 3-2.



Figuur 3-2 *Scheepvaartverkeer van 1 week in juli 2008. Schepen zijn geplot om de 10 minuten. Zwart puntje bij koers tussen 0° en 180°, bruin puntje bij koers van 180° tot 360°. De windturbines en grenzen van het nog niet aanwezige windpark North Sea Power zijn ingetekend.*

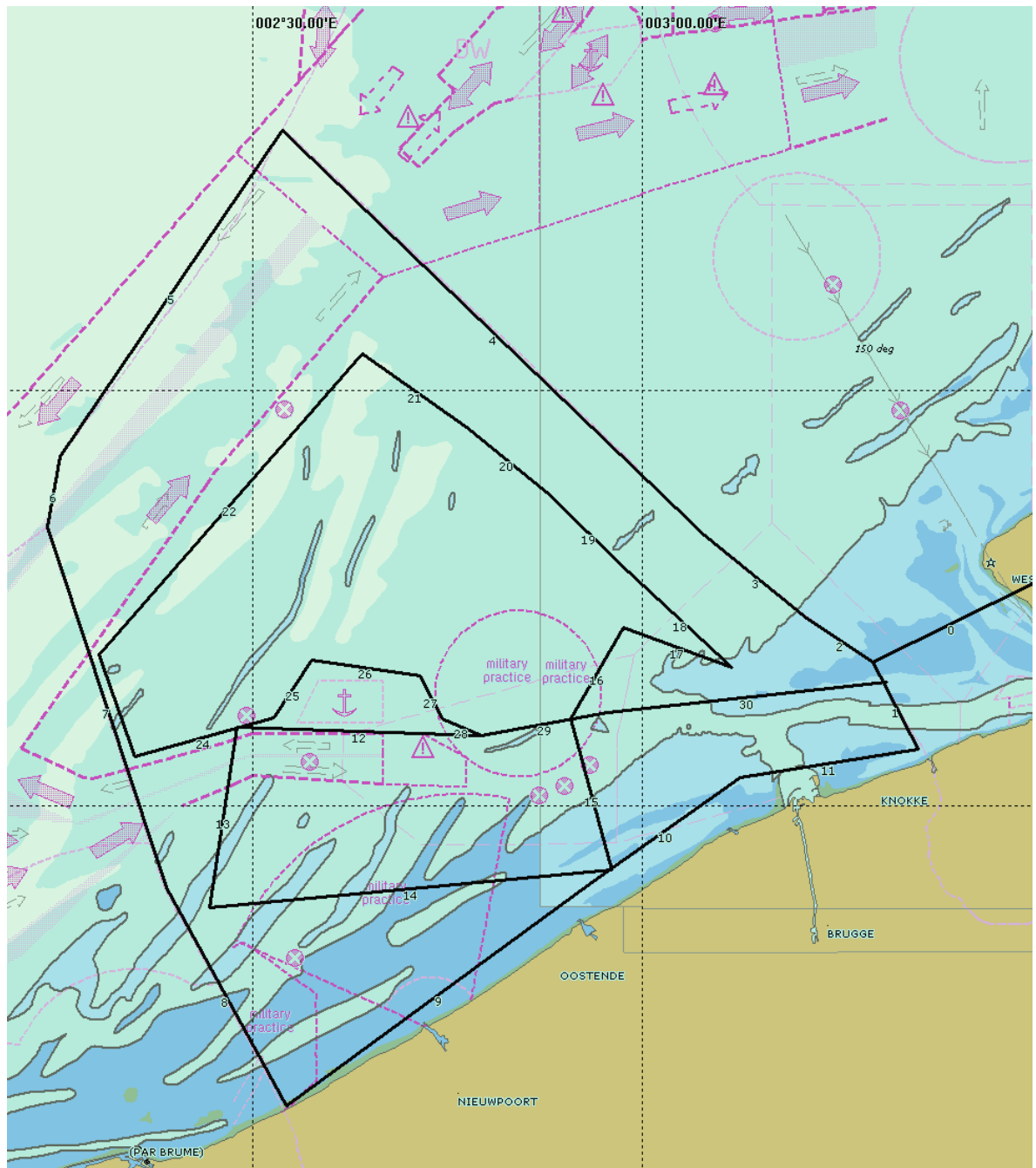
De figuur toont dat een aantal schepen door de locatie van het windpark North Sea Power doorgaan, maar dat wordt gecorrigeerd in de verkeersdatabase voor de situatie dat het windpark wordt gebouwd.

Het verkeer is bepaald door het aantal doorsnijdingen van 30 lijnen op de Belgische Noordzee te tellen. Deze 30 lijnen zijn gegeven in Figuur 3-3 aangevuld met de lijn 0 door het Oostgat. Op al deze lijnen is uit de AIS data bepaald, hoe vaak de lijn doorkruist is in 2008. Van iedere doorkruising zijn alle gegevens uit de AIS berichten bewaard. Op deze manier kon voor iedere doorkruising worden bepaald wat het type, de grootte en de bestemming van het schip was, alsmede de precieze positie waar de lijn doorkruist is, en welke vaarrichting het schip daar had.

Het belangrijkste ontvangststation van de AIS data staat in Westkapelle, het meest zuidelijke station dat tot de keten van de Nederlandse Kustwacht behoort. Het bereik van een AIS ontvangststation hangt af van de atmosferische omstandigheden maar is in de meeste gevallen meer dan 30 zeemijl. Westkapelle dekt hiermee het gehele concessiegebied voor windparken af. In Figuur 3-2 is te zien dat er naar het zuiden toe steeds minder schepen zijn waargenomen. Dit is in het vervolg ook te zien bij het tellen van de doorkruisingen van de lijnstukken. Gezien de afstand van het concessiegebied tot de Belgische kust is niet te verwachten dat de AIS data van Belgische AIS ontvangststations betere data zullen hebben. Omdat alleen het uiterste puntje van het concessiegebied op iets meer dan 30 zeemijl van Westkapelle ligt, mag geconcludeerd worden dat het verkeer in het concessiegebied goed wordt verzameld door het AIS ontvangststation in Westkapelle.

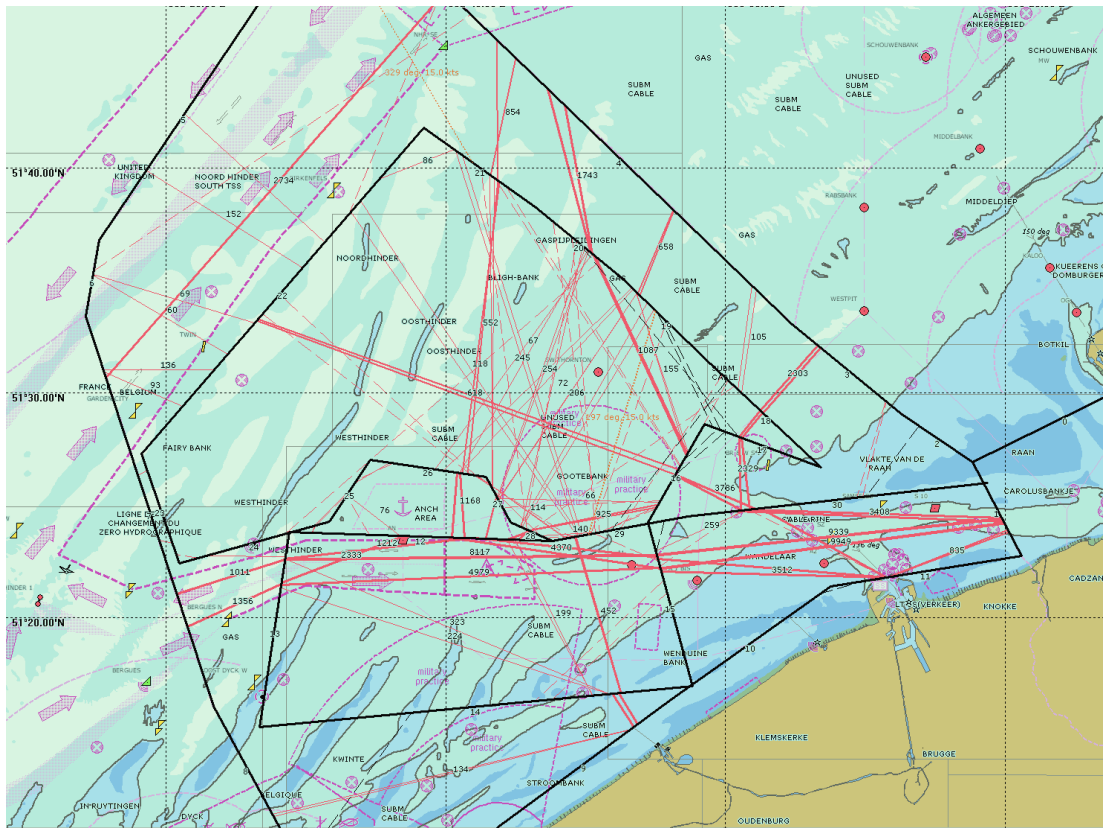
Voor een andere studie zijn de aankomsten van Zeebrugge vergeleken met de via AIS gevonden aankomsten in Zeebrugge. De overeenkomst was boven 96% voor de

schepen met AIS. Een klein percentage kon niet gekoppeld worden doordat de ingevulde gegevens niet met elkaar in overeenstemming waren.

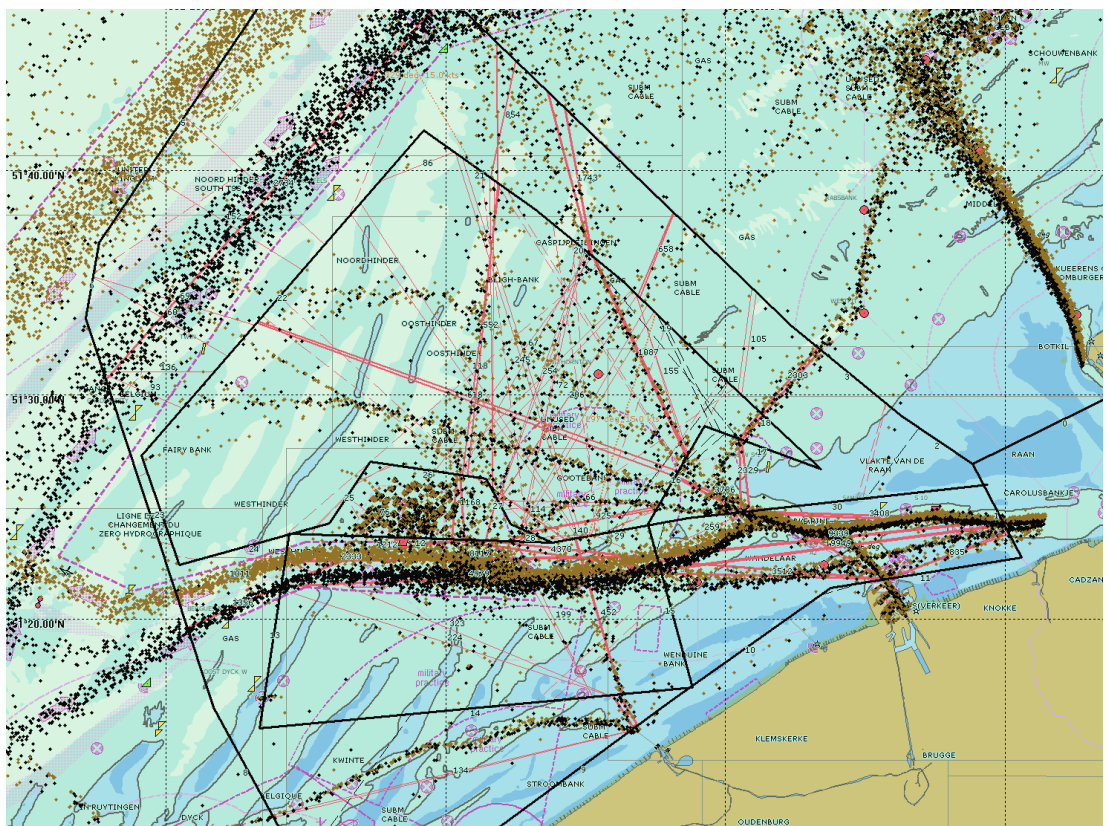


Figuur 3-3

De 30 doorsnijdingslijnen waarmee de aantallen passages over de verschillende routes op de Belgische Noordzee zijn bepaald



Figuur 3-4 Verbindingen tussen lijnen met aantal routegebonden schepen



Figuur 3-5 Verbinding tussen lijnen met plot van scheepsposities van één week AIS

Vanaf een doorkruising van een lijn kan maar een beperkt aantal andere lijnen worden doorkruist. Een vertrekkend schip uit Zeebrugge (lijn 11) kan bijvoorbeeld als volgende lijn alleen lijn 10 (vrijwel onmogelijke omdat zo dicht bij de kust vrijwel geen schip vaart),

15 (richting Wandelaar), 30 (richting een noordelijke bestemming), 1 (Westerschelde op of 11 (weer terug naar Zeebrugge) hebben. Terug naar Zeebrugge wordt vooral gedaan door sleepboten en baggerschepen, dus door niet-routegebonden schepen.

Het aantal routegebonden schepen tussen twee opeenvolgende lijnen is weergegeven in Figuur 3-4 en in Figuur 3-5 met de plot van scheepsposities. De verbindingen tussen twee lijnen zijn in Figuur 3-4 weergegeven als rechte lijnstukken met als begin- en eindpunt de gemiddelde positie van de schepen die over het traject varen. Het bij de lijn weergegeven nummer is het aantal waargenomen routegebonden schepen dat in 2008 deze route gevolgd heeft. Wanneer de AIS-positie plots worden toegevoegd in Figuur 3-5 blijkt dat de echte route door het gebied geen rechte lijn is.

Verder is voor iedere lijndoorkruising alle AIS data bewaard. Deze gegevens zijn gebruikt om voor iedere lijn te bepalen wat de meest voorkomende bestemmingen waren. Hierbij bleek weer hoe slecht de bestemming van het schip wordt ingevoerd in het AIS bericht. Een groot aantal schepen zendt nog steeds Antwerpen of Zeebrugge uit als bestemming, terwijl het duidelijk is dat het schip in tegenovergestelde richting vaart, dus zojuist uit de genoemde haven is vertrokken. Ook het feit dat de bestemming een vrij tekstveld is, bemoeilijkt de analyse.

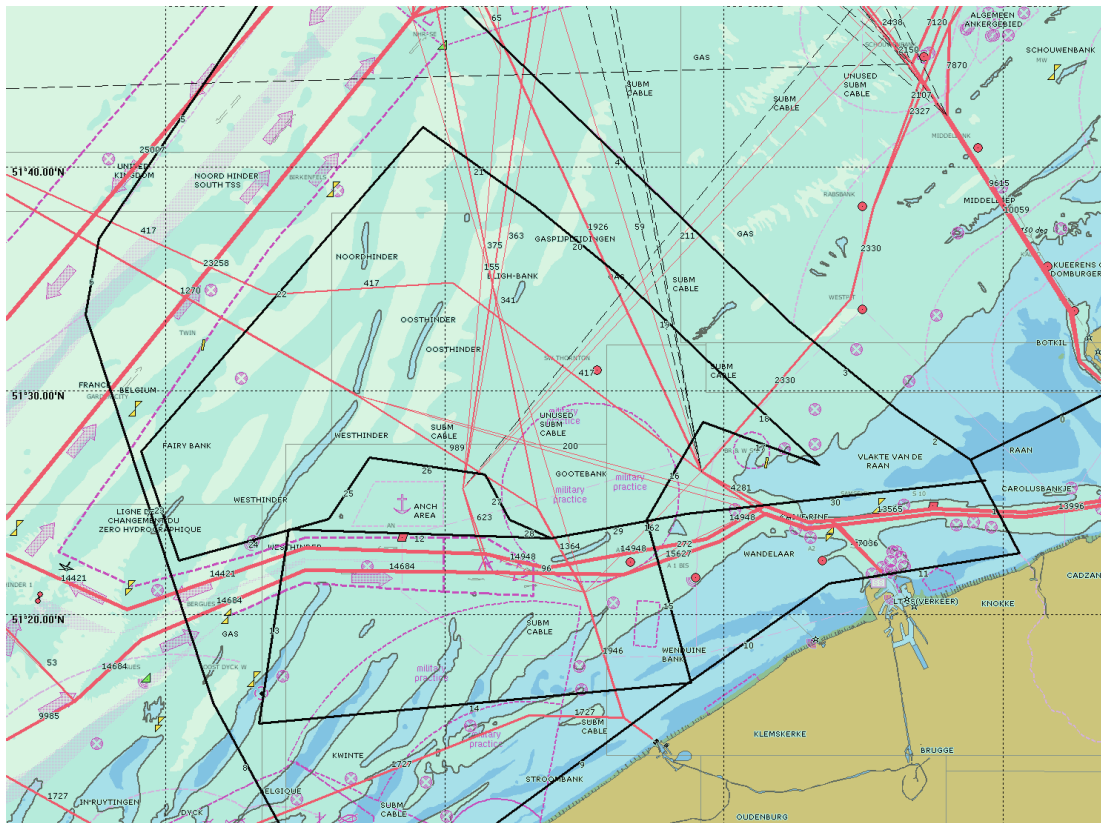
De bestemmingen van de doorkruisingen van lijn 18 en 19 waren noordwaarts vooral Rotterdam, Bremerhaven, Gothenburg, Hamburg en andere havens in het oostelijke deel van de Noordzee en de Baltische Zee. Zuidwaarts waren de bestemmingen vooral Zeebrugge, Antwerpen en andere havens van het Westerschelde gebied.

De bestemmingen van de doorkruisingen van lijn 20 en 21 waren noordwaarts vooral de havens aan de noordoost kust van Engeland en Schotland (Humber en de Tees) en zuidwaarts waren de bestemmingen vooral Zeebrugge, Antwerpen en andere havens van het Westerschelde gebied.

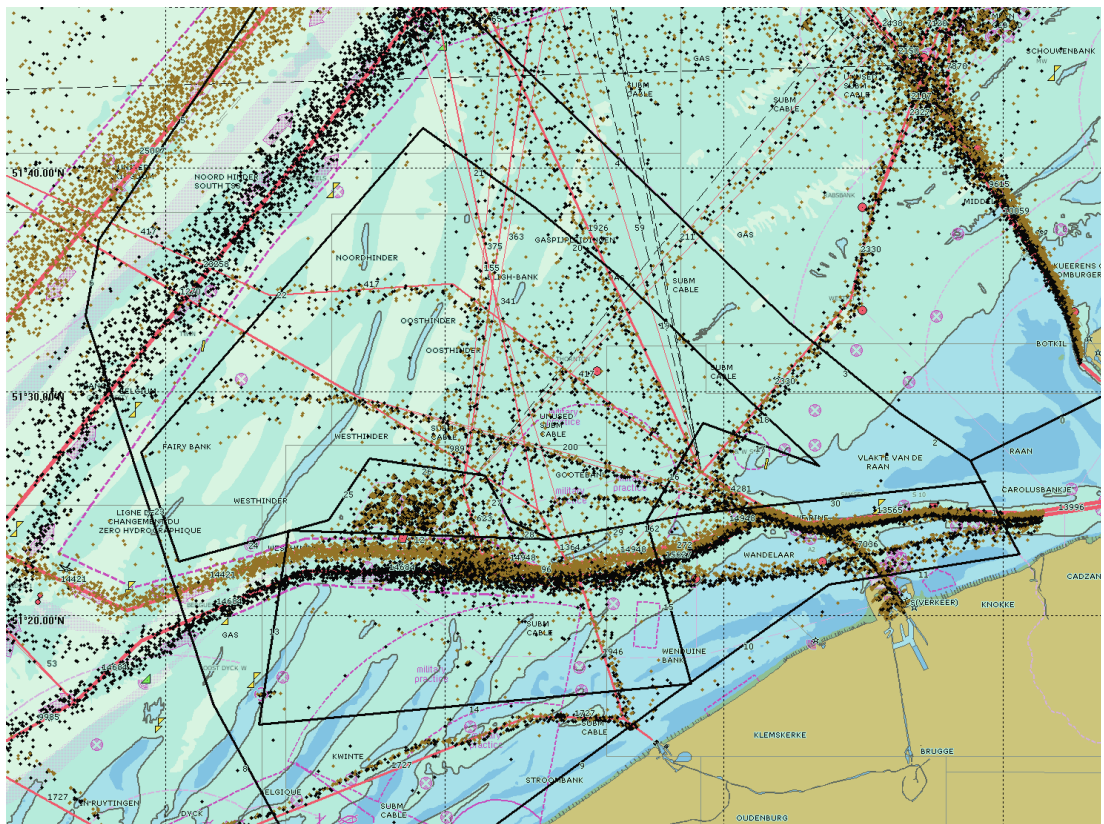
De bestemmingen van de doorkruisingen van lijn 22 waren westwaarts vooral Purfleet, Ipswich en Killingholme (Humber). Oostwaarts waren het vooral Zeebrugge, Antwerpen en andere havens van het Westerschelde gebied.

Op basis van de resultaten van deze AIS analyse is een verkeersdatabase samengesteld die voor de veiligheidsstudie voor een windpark op de Belgische Noordzee gebruikt zal worden.

Voor de veiligheidsstudie van een windpark wordt het gebied binnen een windpark afgesloten voor scheepvaart. Schepen die door dat gebied van het windpark varen, worden anders gerouteerd, uitgaande van de herkomst en bestemming.



Figuur 3-6 Verkeersdatabase zonder windparken in de Belgische Noordzee



Figuur 3-7 Verkeersdatabase zonder windparken in de Belgische Noordzee met plot van scheepsposities uit AIS

3.3.2 Gebruikte modellen

Het totale SAMSON-model bestaat uit verschillende submodellen voor de verschillende ongevallen. Om het effect van het windpark te kwantificeren op de locatie van het wind park wordt het aantal aanvaringen en aandrijvingen per jaar bepaald. Hiervoor worden de volgende modellen gebruikt:

- Contact met een vast object (windturbine)
 - als gevolg van een navigatie fout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)

Om het effect van het windpark voor de scheepvaart buiten de windparklocatie te schatten, wordt het risiconiveau met en zonder het windpark vergeleken. Om het “algemene” risiconiveau vast te stellen worden de volgende modellen gebruikt:

- Schip-schip aanvaringen
- Contact met een platform
 - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)
- Contact met een pier
 - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)
- Stranden
 - als gevolg van een navigatiefout (ramming)
 - als gevolg van een motorstoring (drifting)

3.4 Gevolgschade

Als gevolg van een aandrijving of een aanvaring van een windturbine kan schade ontstaan, zogenaamde gevolgschade. Deze schade bestaat uit schade aan de windturbine, schade aan het schip, milieuschade als gevolg van een uitstroom van olie bij schade aan een schip en persoonlijk letsel als gevolg van de aanvaring/aandrijving.

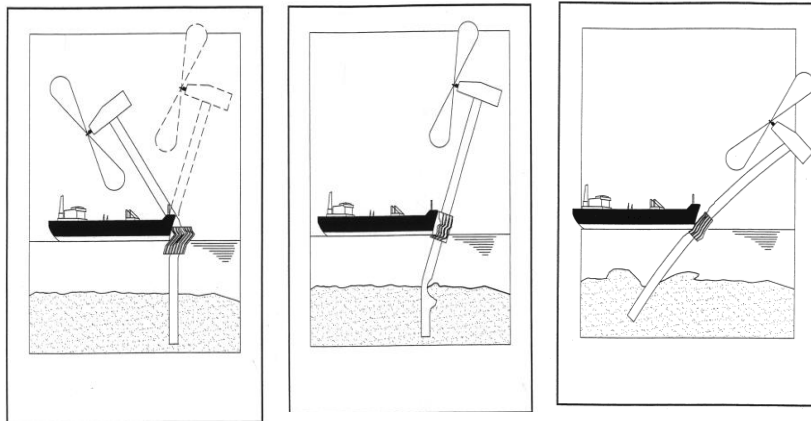
Van de schepen welke in aanvaring of aandrijving met het windpark komen is de verdeling bekend over de vaarsnelheden, vaarrichting, schepstype en scheepsgroottes. Deze gegevens zijn voldoende om de energie welke maximaal aanwezig is in de botsing te bepalen. Deze energiemaat wordt gebruikt om deels op basis van ervaring deels op basis van complexe berekeningen de schade aan het schip te bepalen die in aanvaring met elkaar of een object komen. Uitgangspunt is dat de volledige energie gedissipeerd wordt in de botsing. De aanwezige energie in varende of driftende schepen is voor deze studie ook bepaald en gepresenteerd per schepstype met de daarbij behorende kansen van optreden.

3.4.1 Schade aan windturbine en schip.

Voor de meeste schepstypen is geen sprake van volledige dissipatie van de energie na een botsing vanwege de beperkte energieopname van het aangevaren object. Het bezwijkgedrag van de windturbines is onderzocht [3]. Hieruit bleek dat voor bijna alle schepstypen de windturbine statisch gezien bezwijkt en daarbij slechts een fractie van de energie dissipeert. Voor de verdere analyse van de gevolgschade worden de volgende twee bezwijkvormen onderscheiden:

- **Knikken;** de windturbine bezwijkt door te knikken op het punt van impact, gevolgd door plastische vervorming, waarbij de mast blijft vast zitten. Ten slotte valt de turbine naar het schip toe of juist van het schip af. In het geval dat de turbine richting het schip valt kan de rotor met de gondel op het dek terechtkomen.

- **Scharnieren;** de windturbine bezwijkt door het ontstaan van een plastisch scharnier bij de “bevestiging” op de bodem van de zee. De windturbine kan als gevolg van het ontstaan van dit scharnier afbreken of wordt in zijn geheel (inclusief bodem) omver geduwd. Het feitelijke scharnierpunt wordt dan verdeeld over de lengte in de bodem en is geen punt meer maar een deel van de mastfundering in de bodem die plastisch buigt en deels meegeeft.



Figuur 3-8 *Figuren van de verschillende bezwijkvormen.*

Welke van deze beide bezwijkvormen optreedt, is alleen op basis van een dynamische berekening vast te stellen. Experts hebben op basis van hun onderzoek de frequentie van voorkomen geschat voor de verschillende bezwijkvormen. Daar waar de effecten nog niet zijn in te schatten heeft men voor een conservatief standpunt gekozen. Zo kan de mast met gondel van het schip af of op het schip vallen. Wat in werkelijkheid gebeurt, hangt van veel constructiewaarden en omgevingsfactoren af. Voor de nu uitgevoerde berekeningen wordt aangenomen dat de mast met gondel altijd op het schip valt ingeval van knikken.

In Tabel 3-1 wordt een overzicht gegeven van verschillende bezwijkvormen als gevolg van een aanvaring of aandrijving van een windturbine per scheepsgrootte. Ook wordt in de tabel aangegeven wat de verwachte schade aan het schip zal zijn. Dit is de gevolgschadetabel die ook in [3] is gebruikt. Het bovenste deel van Tabel 3-1 geldt wanneer de turbine knikt. Kleine schepen hebben niet genoeg massa om de turbine te doen knikken. Pas vanaf een scheepsgrootte van 1000 GT kan dit optreden (kans 10%) en bij schampen treedt dit pas op bij 1600 GT. Bij aandrijven is de energie onvoldoende om de turbine te doen knikken.

Bij de frontale en de frontale/laterale (schampen) aanvaringen zal wel ernstige schade ontstaan aan de boeg van het schip, maar geen ernstige schade (“Geen” in Tabel 3-1) optreden in het ladinggedeelte van het schip. De constructie van het schip voor het aanvaringsschot (voorpiekschot) is zeer stijf waardoor de schade beperkt zal blijven tot het deel van het schip voor het aanvaringsschot waar lek raken geen uitstroom tot gevolg heeft omdat er geen lading of brandstof in dit deel van het schip aanwezig is. Bij het schampen zal het zeer stijve en uitwaaiierende voordek van het schip de energie zonder veel schade opvangen. Wel kan er schade ontstaan aan het dek, in het geval de mast en/of gondel op het dek valt.

Bij aandrijving van een windturbine wordt geen milieuschade verwacht omdat de windturbine zodanig is opgebouwd dat er geen uitsteeksels zijn die de huid van het tegen de windturbine drijvende schip beschadigen.

Persoonlijk letsel en milieuschade is voor een aanvaring/aandrijving alleen te verwachten wanneer de gondel met mast op het schip valt ("Gosmos" in Tabel 3-1). Wel komt er een zeer geringe hoeveelheid olie in het water van de windturbine zelf wanneer deze omvalt of bezwijkt. De verontreiniging bestaat uit 250 liter minerale olie (qua viscositeit en verdamping vergelijkbaar met de SAMSON-categorie ladingolie) en maximaal 100 liter dieselolie (qua viscositeit en verdamping vergelijkbaar met SAMSON-categorie bunkerolie).

Bezwijkvormen	Scheepsgrootte	Aanvaring (rammen)						Aandrijving (driften)					
		Frontaal (10%)			Schampen (90%)			Lateraal middenships (100%)			Lateraal excentrisch (0%)		
		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging		Aan-deel	Beschadiging	
			Turbine	Schip		Turbine	Schip		Turbine	Schip		Turbine	Schip
Knikken	<500	0%	Nee	Geen	0%	Nee	Geen						
	500-1000	0%	Ja	Geen	0%	Nee	Geen						
	1000-1600	5%	Gos Mos ¹	Dek	0%	Ja	Geen						
	1600-10000	10%	Gos Mos	Dek	5%	Gos Mos	Dek						
	10000-30000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	30000-60000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	60000-100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
	>100000	10%	Gos Mos	Dek	10%	Gos Mos	Dek						
Scharnieren	<500	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	500-1000	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen	100%	Nee	Geen
	1000-1600	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Geen	100%	Nee	Huid	100%	Nee	Geen
	1600-10000	90%	Ja	Geen	95%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Nee	Geen
	10000-30000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	30000-60000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	60000-100000	90%	Ja	Geen	90%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen
	>100000	90%	Ja	Geen	91%	Ja	Geen	100%	Ja	Huid	100%	Ja	Geen

Tabel 3-1

Bezwijkvormen met de geschatte percentages van voorkomen en de schatting van de resulterende schade aan de turbine en het schip.

¹

GosMos = Gondel Op Schip en Mast Op Schip na plastische vervorming

3.4.2 Bepalen van persoonlijk letsel

Voor de windturbines zijn de frequenties van de verschillende schadevormen bepaald, waaruit de mogelijk optredende milieuschade in termen van persoonlijk letsel en milieuschade is bepaald. Hierbij is uitgegaan van een aantal worst case benaderingen.

Uitgaande van het aantal aanvaringen/aandrijvingen zijn de volgende rekenslagen per scheepstype en grootte gemaakt.

- Aantal aanvaringen/aandrijvingen wordt vermenigvuldigd met de bijbehorende kans op een bepaalde bezwijkvorm.
- Vermenigvuldiging met de kans voor die bezwijkvorm dat de gondel met mast op het schip valt ("Gosmos" in de Tabel 3-1). Aangezien niet bekend is wat de kans is dat de mast op het schip valt, dan wel van het schip af valt wordt hier met een factor 1 gerekend, dus met het worst case scenario dat de mast altijd op het schip valt.
- Vermenigvuldiging met het beschadigingsgedeelte van het dek. Hierin zitten twee worst case benaderingen, namelijk;
 - De mast valt geheel op het schip. Bij het schampen zal echter de mast vaak schuin over het dek kantelen en hierbij slechts geringe schade aanrichten.
 - Het oppervlak van de mast inclusief het volledige rotorblad wordt genomen, dus alsof de windturbine al draaiend intact op het dek valt.
- Vermenigvuldiging met de kans dat iemand zich bevindt op het beschadigde gedeelte. De kans dat een persoon zich ergens aan dek bevindt wordt op 10% geschat. In werkelijkheid is deze kans veel kleiner, aangezien vrijwel alleen bij vissersschepen bemanning aan dek te vinden is, maar deze groep zit vrijwel niet in de groep schepen die de mast doet knikken. Deze 10% bevat ook de mensen die indirect worden getroffen door het doorwerken van de dekschade tot de ruimtes daaronder waarin personen aanwezig zijn.
- Vermenigvuldiging met het aantal personen aan boord, immers de kans is voor ieder persoon afzonderlijk bepaald.

Het persoonlijk letsel doordat mensen vallen door de klap zelf is niet gemodelleerd, ook niet voor de kleine schepen die frontaal tegen de bescherming van de mast varen waarbij het schip (recreatievaartuig) volledig vernield wordt. Voor deze categorie schepen zijn de kansmodellen ook onbetrouwbaar. Bovendien zullen deze schepen vrijwel altijd schampen.

3.5 Effecten voor de scheepvaart

Het gebied van het windpark indien het eenmaal gebouwd is, vormt een "verboden" gebied voor alle scheepvaart (met uitzondering van reparatie/onderhoudsvaartuigen). Het is dus goed mogelijk dat schepen een andere route moeten volgen dan voor de bouw van het windpark (vergelijk Figuur 4-1 en Figuur 4-2). Hierdoor verandert het verkeersbeeld rond het windpark. Het aantal afgelegde scheepsmijlen kan door de aanwezigheid van het windpark toenemen. Een toename brengt extra kosten met zich mee en zal bovendien leiden tot een extra uitstoot van CO₂.

De toename van de afgelegde scheepsmijlen, de extra kosten en de CO₂ uitstoot worden berekend door de resultaten voor de situatie met een windpark te vergelijken met de situatie zonder windpark, de zogenaamde autonome situatie. De autonome situatie is hier de verkeersafwikkeling zonder het windpark voor het jaar 2008. Hierbij is rekening gehouden met het nieuwe verkeersscheidingsstelsel in het aanloopgebied van

Rotterdam dat sinds 1 juli 2008 van kracht is, alsmede met de Nederlandse windparken Prinses Amalia en Offshore Windpark Egmond aan Zee voor de kust bij IJmuiden.

Omdat de windparken aan de rand van de Belgische Noordzee liggen, beperken de scheepsroutewijzigingen zich niet alleen tot de Belgische Noordzee. Daarom wordt ook de toename van afgelegde scheepsmijlen, kosten en CO₂ uitstoot buiten de Belgische Noordzee berekend.

In de POLSSS (POLicy for Sea Shipping Safety) studie [2] voor het Directoraat-Generaal Goederenvervoer (DGG) is gebruik gemaakt van een scorekaart voor het weergeven van effecten voor de scheepvaart van maatregelen. De aanwezigheid van het windpark heeft invloed op de verkeersafwikkeling en heeft daardoor effect op de veiligheid voor de scheepvaart. Vanuit de POLSSS-scorekaart is de windpark-scorekaart afgeleid door een aantal (voor het windpark) nauwelijks ter zake doende items te verwijderen.

Scorekaart

De resultaten voor de situatie met een windpark worden steeds vergeleken met de nulsituatie voor het windpark, zijnde de situatie zonder windparken.

Voor ieder item van de scorekaart wordt het totaal resultaat voor zowel de Belgische als de Nederlandse Noordzee gegeven voor de situatie met het windpark. Van ieder item wordt ook het **effect van het windpark** bepaald, dus het resultaat van de situatie met het windpark minus de situatie zonder windpark. Om een idee te vormen van wat het *effect van het windpark* betekent, wordt de procentuele verandering van de situatie met het windpark ten opzichte van de autonome situatie gegeven.

De scorekaart bevat de volgende items:

Algemeen:

Per scheepstype wordt het gemiddeld aantal aanwezige schepen op de Belgische danwel Nederlandse Noordzee gegeven. Omdat de mogelijkheid bestaat dat schepen moeten “omvaren” door de aanwezigheid van het windpark, betekent dit dat het schip “langer” op zee is en dus het gemiddeld aantal aanwezige schepen toeneemt.

Veiligheid:

- Het aantal schepen (routegebonden en niet-routegebonden) dat per jaar betrokken is bij een aanvaring tussen schepen.
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een navigatiefout
- Het aantal strandingen per jaar als gevolg van een motorstoring (driften)
- Het aantal schepen dat gemiddeld per jaar zinkt
- Het verwachte aantal incidenten per jaar dat er door externe omstandigheden een gat in de huid ontstaat, waardoor bijvoorbeeld olie in zee kan stromen
- Het totaal aantal ongevallen per jaar

Economisch effect:

Door de aanwezigheid van het windpark kan het zijn dat schepen moeten “omvaren”, dit brengt extra kosten met zich mee. Als economisch effect van het windpark worden de totale kosten voor alle afgelegde zeemijlen per jaar gegeven.

3.6 Cumulatieve effect

Naast het windpark beschreven in dit rapport wordt een aantal andere windparken gebouwd op de Belgische Noordzee. Het cumulatieve effect van deze windparken op de verkeersveiligheid wordt naast de bijdrage van het onderhavige park inzichtelijk gemaakt. De windturbines van de op dit moment (januari 2011) meest waarschijnlijke realisatie voor een park zijn als vaste objecten meegenomen in de configuraties. In Hoofdstuk 4 wordt bij de beschrijving van deze configuraties aangegeven welke windparken als gerealiseerd worden beschouwd.

Voor het bepalen van de cumulatieve effecten op de scheepvaartveiligheid van een aantal windparken samen is het eigenlijk nodig dat de inrichtingen van alle windparken, die hierin meegenomen worden, bekend zijn. De definitieve inrichting van andere windparken is echter nog niet altijd bekend. Daarom wordt in zulke gevallen uitgegaan van de meest waarschijnlijke inrichtingsvariant.

Uitgaande van deze inrichtingsvarianten is een verkeersdatabase gemaakt waarbij de gebieden voor de windparken zijn vrijgehouden voor het routegebonden verkeer.

Het cumulatieve effect van de gezamenlijke windparken wordt inzichtelijk gemaakt door het aantal aanvaringen en aandrijvingen en de kans op uitstroom voor het windpark in het cumulatieve scenario te vergelijken met de resultaten in het scenario met het windpark individueel. Het is voldoende om deze vergelijking voor slechts één van de in deze studie onderzochte inrichtingsvarianten te maken. Hiervoor is de worst case scenario gekozen met de meeste windturbines voor ieder windpark.

3.7 Kruisende scheepvaart

Schepen die elkaar naderen met kruisende koersen dienen tijdig vast te kunnen stellen of er gevaar voor aanvaring bestaat en dienen voldoende mogelijkheden c.q. ruimte te hebben om een mogelijke aanvaring te voorkomen. Daartoe dient men goed zicht op elkaar te hebben, zowel visueel als via de radar. Windturbineparken belemmeren dit zicht. Zowel visueel (windturbines blokkeren zicht op de navigatielichten van het schip) als op de radar (afscherming, valse echo's, windturbines geven o.a. dikke echo's op het scherm). Dit geldt zeer zeker waar zich vele windturbines tussen de beide schepen bevinden, en in mindere mate waar zich enkele windturbines tussen beide schepen bevinden. Echter, op het punt dat zich nog maar enkele windturbines tussen beide schepen bevinden, kunnen de schepen elkaar al dicht genaderd zijn. De "Bepalingen ter voorkoming van aanvaring op zee", (artikel 8) eisen dat men tijdig en duidelijk actie neemt op basis van betrouwbare informatie.

In dit hoofdstuk wordt nagegaan in hoeverre het mogelijk is om tijdelijk actie te nemen op basis van betrouwbare informatie.

Om meer inzicht in de problematiek te verkrijgen is een windpark gebouwd (gemodelleerd) in het buitenbeeld van de full scale manoeuvreersimulator van het MARIN. In dit beeld zijn steeds twee kruisende schepen gemodelleerd. De navigator bestuurt het schip dat aan de westkant van het park van zuid naar noord vaart en een "collision avoidance manoeuvre" moet uitvoeren voor het andere schip, dat aan de noordkant van het park van oost naar west vaart (zie Figuur 3-11). De simulatorrun is zo samengesteld dat wanneer beide schepen niets zouden doen er een aanvaring zal plaatsvinden. Dit snijpunt van de kruisende koerslijnen wordt verder 'kruispunt' genoemd. De navigator heeft alle navigatiemiddelen (met uitzondering van AIS) ter beschikking. Het windpark en de verstoring van het windpark op achterliggende objecten, zijn gemodelleerd. De vraag is of de navigator in staat is om het andere kleine (om het probleem te vergroten) schip vroegtijdig te signaleren, de koers en snelheid van

dit schip te bepalen en eventueel een manoeuvre in te zetten om de aanvaring te voorkomen.

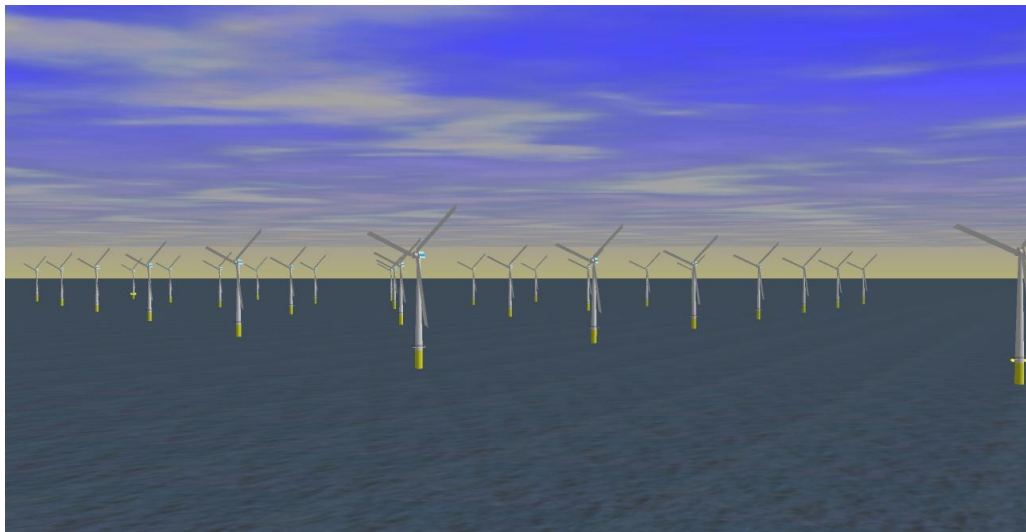
Er is specifiek voor dit “worst case” scenario gekozen omdat een schip in de ontmoetingssituatie, om een aanvaring te voorkomen, in eerste instantie naar stuurboord zal uitwijken. Hier doet zich dan een probleem voor omdat het windpark zich aan deze kant bevindt. Figuur 3-9 en Figuur 3-10 zijn twee opnames van wat men kan zien vanaf de brug van het eigen schip. Het eigen schip is het schip waarvoor in de simulator het buitenbeeld wordt geprojecteerd en dat bedienbaar is. In Figuur 3-9 is nog geen tweede schip te zien en in Figuur 3-10 is het tweede schip wel aanwezig. Het feit dat het tweede schip slecht te zien is, komt meer door de foto dan door de verstoring van de windturbines.

Voor dit scenario zijn de volgende parameters gevarieerd:

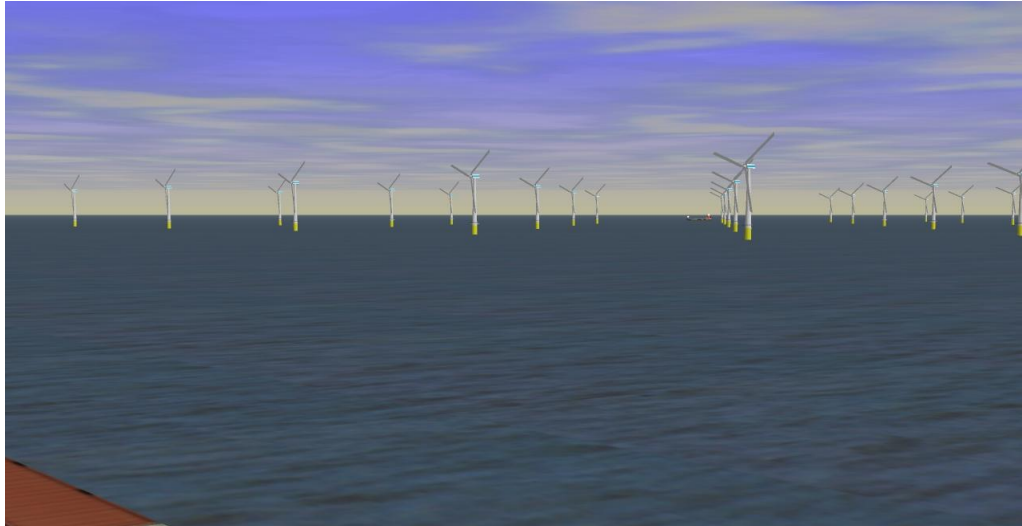
- Dag en nacht;
- Configuratie van het windpark;
- Afstand tot het windpark.

Op de simulator zijn drie windparken gemodelleerd:

1. een windpark met de windturbines op de hoekpunten van vierkanten;
2. een windpark met een versprongen opstelling;
3. een windpark zoals in de eerste optie, maar dan met een scherpe punt van 45°.



Figuur 3-9 **Windpark gezien vanaf het eigen schip**



Figuur 3-10 *Windpark gezien vanaf het schip met een klein schip in het buitenbeeld*

De runs zijn uitgevoerd voor een passageafstand van 500 meter en 1000 meter voor beide schepen. In de vele runs die uitgevoerd zijn op de simulator, kon het schip steeds tijdig gesignaleerd worden, zowel visueel als op de radar. Dit geeft echter geen garantie voor de praktijk. In de praktijk kunnen er meer schepen varen die de uitwijkmanoeuvre kunnen bemoeilijken. Op de simulator is bekend dat er een schip achter het windpark vaart, waardoor men beter oplet en eerder reageert dan in de praktijk. Verder dient wel opgemerkt te worden dat, hoewel de wettige passeerafstand 500 meter is, men in de praktijk op grotere afstand langs het windpark zal varen, juist om ervoor te zorgen dat men naar stuurboord kan uitwijken. ("Preparedness" is een belangrijke eigenschap voor goed zeemannschap). Dit zal zeker worden gedaan door moeilijk manoeuvreerbare schepen. Bovendien komt de situatie zoals hier beschreven lang niet bij ieder windpark voor. Bij veel parken zorgt de normale scheepsafwikkeling, gegeven de herkomst en bestemming, vaak voor grotere afstanden tot het windpark dan de 500 en 1000 m die in de simulatorruns zijn gebruikt. Op de specifieke aspecten voor een windpark wordt in hoofdstuk 4 ingegaan.

Met behulp van een simulatorstudie kunnen kwalitatieve uitspraken worden gedaan, maar is het onmogelijk om een bepaald risico te kwantificeren. De simulatorstudie heeft aangetoond dat de verstoring van het zicht en het radarbeeld niet zo groot is dat dit direct tot onoverkomelijke problemen zal leiden.

Als vervolg op de simulatorstudie is gezocht naar een methode om de mate van zicht en radarverstoring op een andere manier te kwantificeren. Met andere woorden, een methode waarmee in ieder geval de grootteorde van het probleem kan worden gekwantificeerd, die gebruikt kan worden om verschillende windparken onderling op doorzichtbaarheid te vergelijken. De methode is opgezet voor zichtlijnen, maar het resultaat hiervan geldt tevens voor de radar. Met de radar kan zelfs iets achter het object worden gekeken, maar een radar heeft als nadeel dat er meer verstoringen optreden. De resultaten voor ieder windpark worden gegeven door een aantal kenmerken over schaduwstukken en zichtstukken in figuren weer te geven. In dit hoofdstuk worden vier generieke configuraties van het windpark beschouwd. In hoofdstuk 4 worden voor de opstellingen van het eigen windpark dezelfde figuren gemaakt.

Het presenteren van het zicht, of eigenlijk de ondoorzichtbaarheid, is lastig. Wanneer men nog op grote afstand van het ontmoetingspunt zit, is men niet geïnteresseerd in de

schepen die al vlakbij het kruispunt varen, omdat deze allang gepasseerd zijn op het tijdstip dat het eigen schip het kruispunt passeert. Evenzo is men vlakbij het kruispunt niet geïnteresseerd in schepen op grote afstand. Deze constatering is belangrijk bij het kwantificeren van de (on)doorzichtbaarheid. Dit betekent dat vooral doorzichtbaarheid is gewenst in het gebied dat zich op dezelfde afstand van het kruispunt bevindt. Natuurlijk is dit weer niet precies die afstand omdat de snelheden van beide schepen verschillen, maar over het algemeen kan worden gezegd dat dit het belangrijkste gebied is.

De berekeningen in dit generieke stuk zijn gemaakt voor vier opstellingen zoals weergegeven in Figuur 3-11, Figuur 3-12, Figuur 3-13 en Figuur 3-14, welke als representatief beschouwd kunnen worden voor een windpark met 3 MW windturbines. Het effect van de opstelling is nagegaan voor deze opstellingen waarbij de kruisende schepen op een afstand van 500 m van het windpark varen.

Niet de doorzichtbaarheid is weergegeven maar juist de ondoorzichtbaarheid is weergegeven, omdat dit beter aangeeft of een schip door het windpark heen gezien kan worden. De ondoorzichtbaarheid kan aangegeven worden in het aantal schaduwstukken van een zekere lengte. Een schip van 40 m kan altijd geheel of gedeeltelijk gezien worden wanneer de schaduwgrootte kleiner dan 40 m blijft en kan dus soms wegvallen bij grotere schaduwstukken. De schaduwstukken bewegen met het schip mee. Een schip zal daarom nooit constant in de schaduw blijven, maar het is duidelijk dat de kans om niet gezien te worden toeneemt met het aantal schaduwstukken, en groter wordt wanneer de schaduwstukken groter worden. Daarom is onderzocht hoe de frequentie van de schaduwstukken groter dan een bepaalde lengte verloopt. Voor de vier opstellingen zijn de schaduwstukken berekend, in stapjes van 0.1 nm op de aanvaarroute (van zuid naar noord) waarvan de resultaten worden getoond in Figuur 3-15 en in Figuur 3-16. Boven de plaatjes staat steeds wat wordt afgebeeld (y-as) als functie van de nog af te leggen weg van het schip tot aan het kruispunt (x-as, zie onderste plaatje). Deze figuren tonen het aantal schaduwstukken groter dan 10 m voor een bepaalde afstand x van het kruispunt voor het eigen schip op de vaarlijn van het andere schip op een even groot traject van x vanaf het kruispunt. Deze zelfde afstand x, waarvoor de schaduw bepaald wordt, is gekozen omdat de schaduwstukken op grote afstand niet meer belangrijk zijn wanneer het schip het kruispunt nadert. Wanneer de figuren doorlopen worden, dan kan voor een afstand op 4 nm van het ontmoetingspunt gezegd worden, dat het traject van het ander schip van 0 tot 4 nm voor het kruispunt:

- 40 schaduwstukken groter dan 10 m bevat;
- waarvan 10 schaduwstukken groter dan 20 m;
- waarvan 5 groter dan 30 m;
- waarvan 2 groter dan 40 m;
- een enkele schaduw groter dan 50 m;
- en de maximale schaduw ongeveer 70 m bedraagt.

De schaduwgroottes zijn berekend in stapjes van 0.1 nm op de aanvaarroute (van zuid naar noord). Het springen in de grafieken wordt veroorzaakt door deze discretisatie. Er kan geconcludeerd worden dat vanaf 4 nm voor het kruispunt schaduwen groter dan 50 m praktisch niet voorkomen. Ook het aantal schaduwen groter dan 40 m en groter dan 30 m blijft beperkt. Gezien ook nog de wisselingen in de posities van de schaduwen kan geconcludeerd worden dat een oplettende uitkijk ook een klein schip op tijd kan waarnemen. Er is zeker geen sprake van een blokkade van het zicht door het windpark vanaf deze afstand.

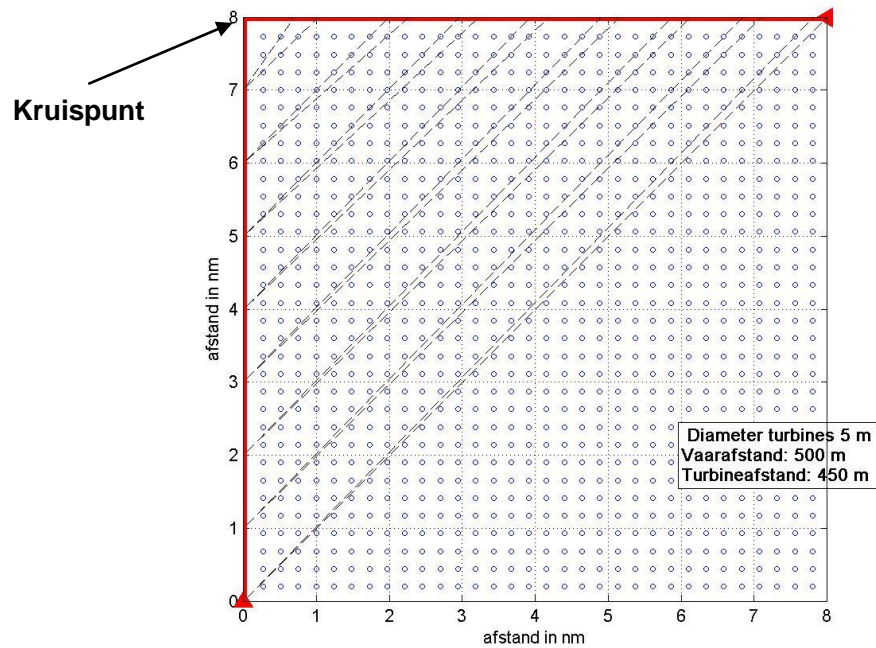
De figuren tonen dat er geen groot verschil is in de doorzichtbaarheid van de hier beschouwde opstellingen voor de windparken.

De doorzichtbaarheid verandert als de afstand tot het windpark groter wordt en ook wanneer de afstand tussen de windturbines anders wordt. Om dit te onderzoeken zijn er nog drie opstellingen met elkaar vergeleken, maar dan alleen voor de eerste opstelling met de windturbines in een vierkant. De eerste opstelling in Figuur 3-17 is gelijk aan die van Figuur 3-11. Figuur 3-18 bevat dezelfde opstelling maar dan voor een vaarafstand van 1000 m en Figuur 3-19 toont de opstelling die representatief is voor een windpark met 5 MW turbines met een afstand van 580 m en een diameter van 6 m. De plaatjes met de schaduw lengtes worden gegeven in Figuur 3-20 en Figuur 3-21. Hieruit is duidelijk te halen dat de rode lijn het beste is met de minste schaduwstukken, dus dat de vaarafstand een belangrijke factor is. De groene lijn ligt ook meestal onder de blauwe lijn, wat betekent dat een windpark met 5 MW turbines beter is dan een 3 MW park maar dat door de toegenomen diameter een deel van het voordeel wordt weggenomen. Ook leidt de toegenomen diameter tot een iets grotere maximale schaduw.

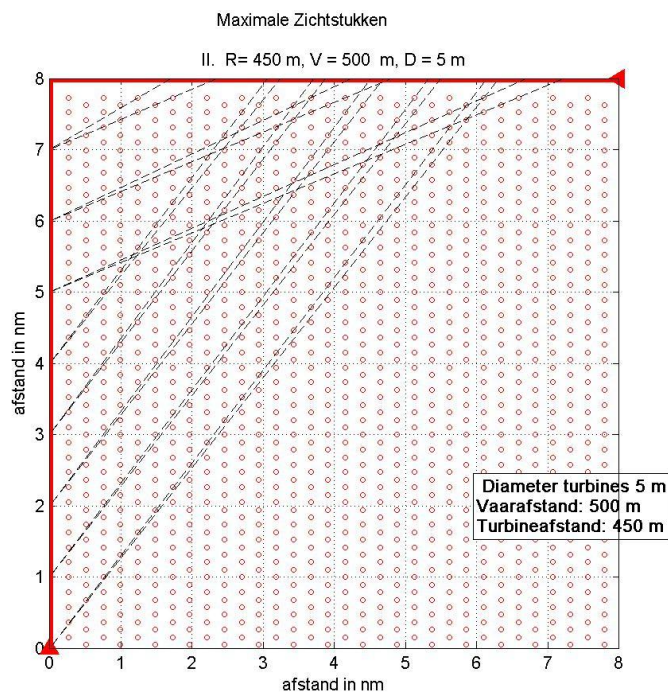
Conclusie

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De ondoorzichtbaarheid van een windpark is niet erg gevoelig voor de opstelling van de windturbines, mits regelmatig opgesteld in rijen, de versprongen opstelling heeft wel als voordeel dat er meer turbines op dezelfde oppervlakte kunnen worden geplaatst;
- De ondoorzichtbaarheid wordt bij langs varen kleiner wanneer de afstand tot het park groter wordt;
- De ondoorzichtbaarheid van een windpark met 5 MW turbines is iets minder groot, maar het voordeel van de grotere afstand tussen de windturbines wordt deels tenietgedaan door de grotere diameter van de windturbine.

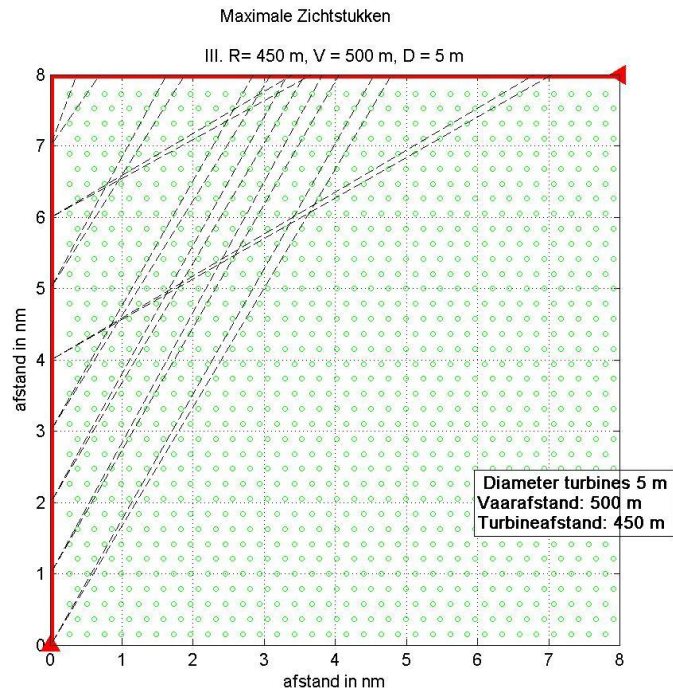


Figuur 3-11

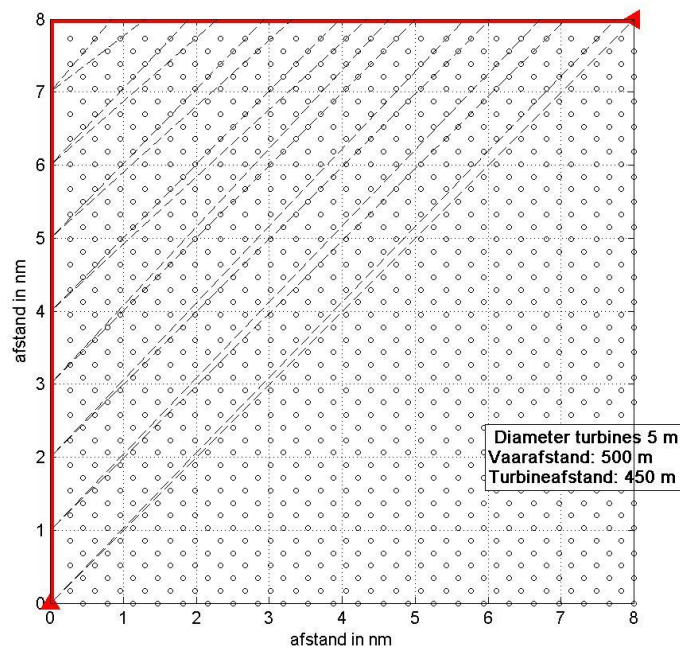
Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks (I)

Figuur 3-12

Opstelling windturbines in dichte opstelling versprongen (II)

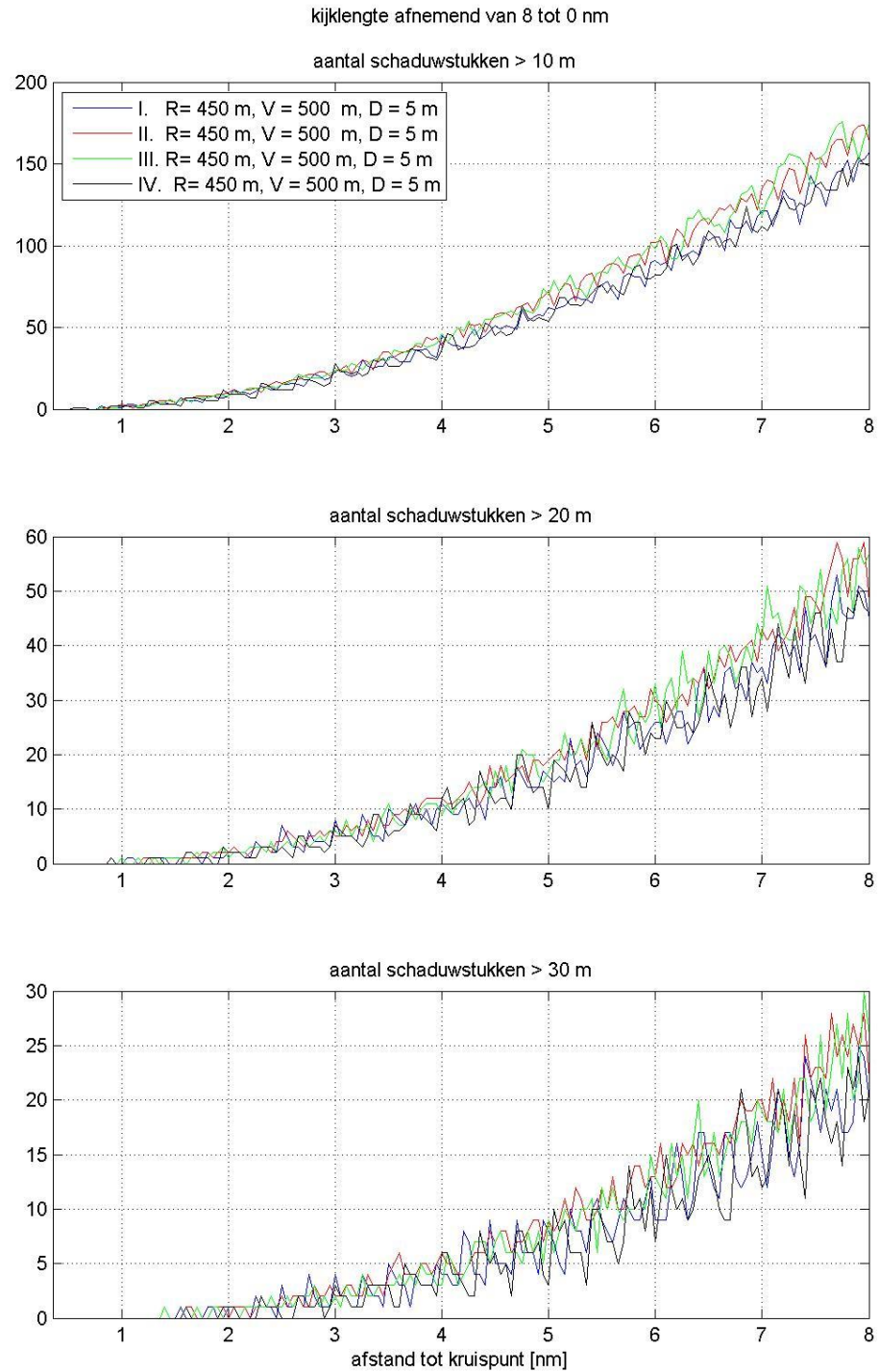


Figuur 3-13

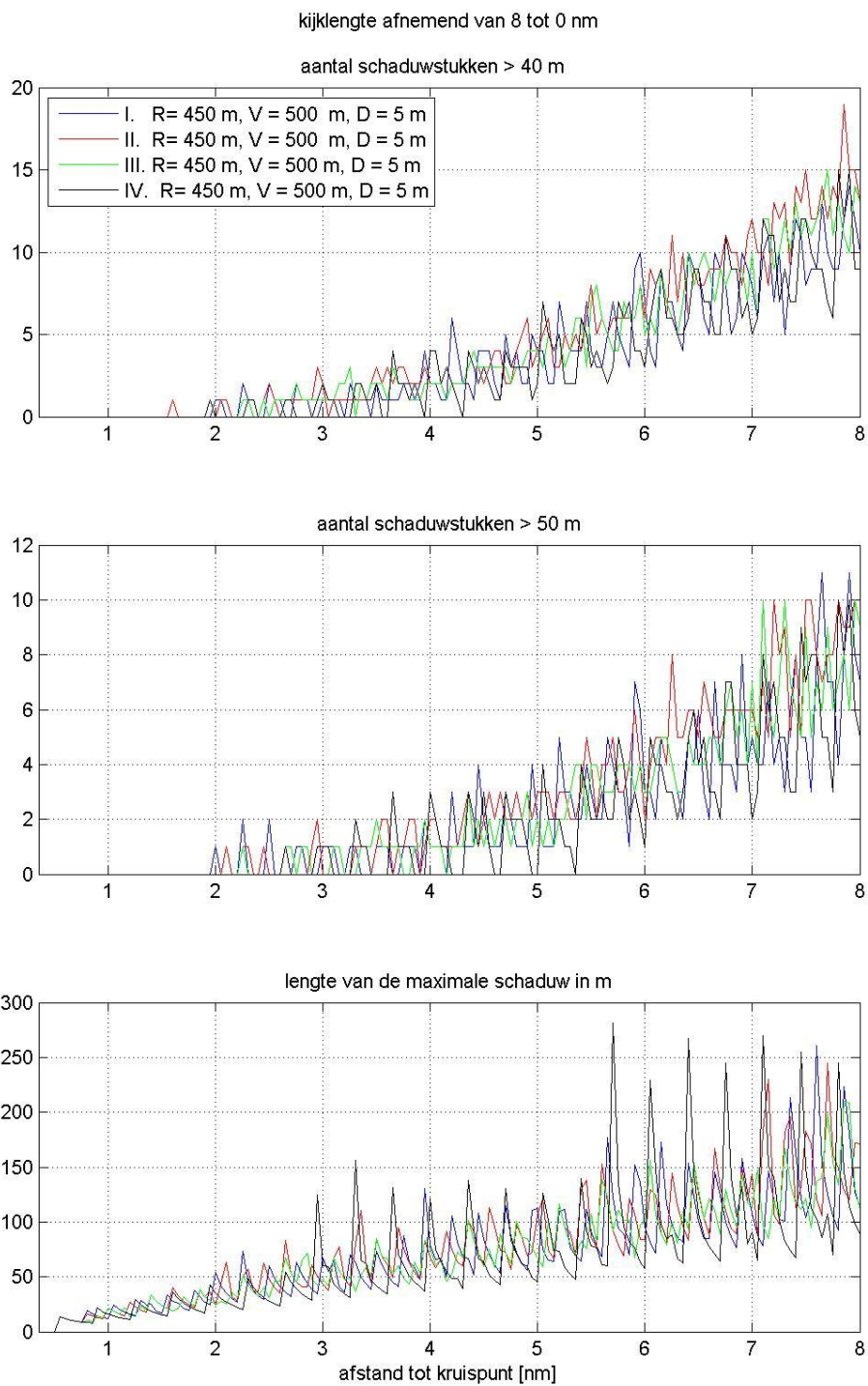
Opstelling versprongen maar net als II maar 90° gedraaid (III)

Figuur 3-14

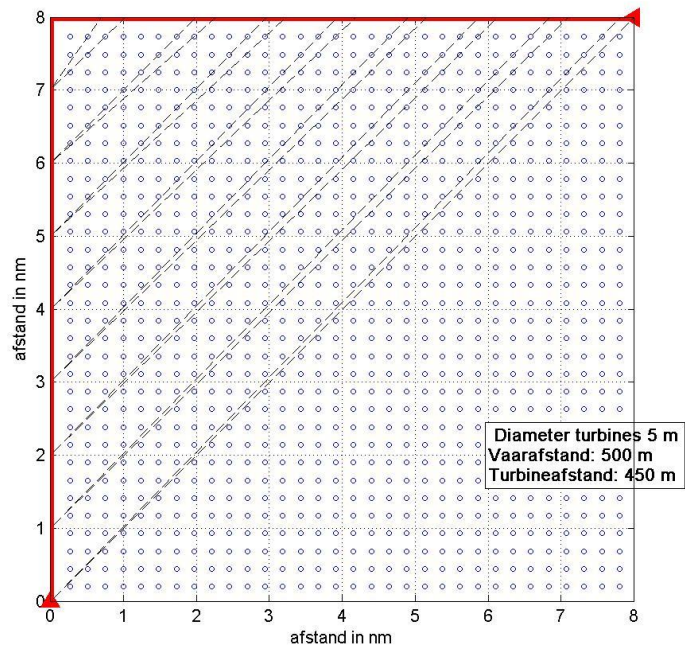
Opstelling vierkant als I maar dan 45° gedraaid (IV)



Figuur 3-15 **Schaduwstukken > 10 m, > 20 m en > 30 m**

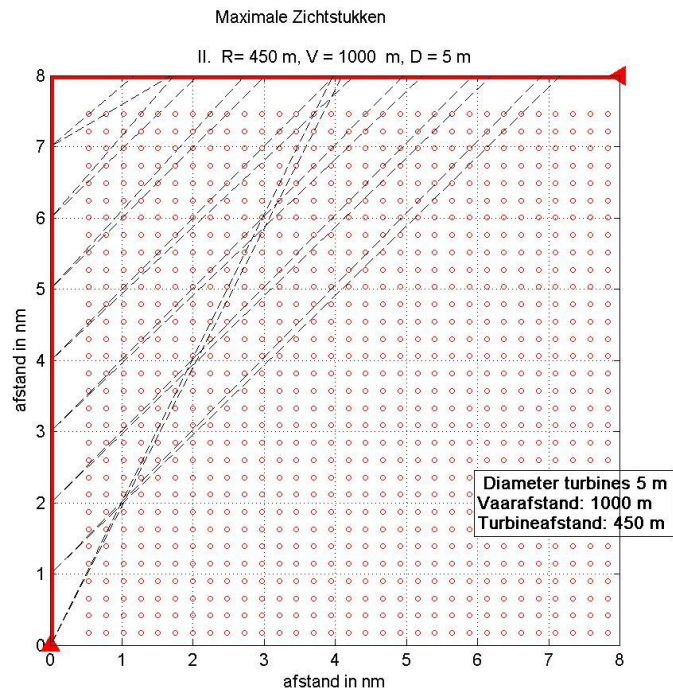


Figuur 3-16 **Schaduw > 30 m, > 40 m en maximale lengte van een schaduwstuk**



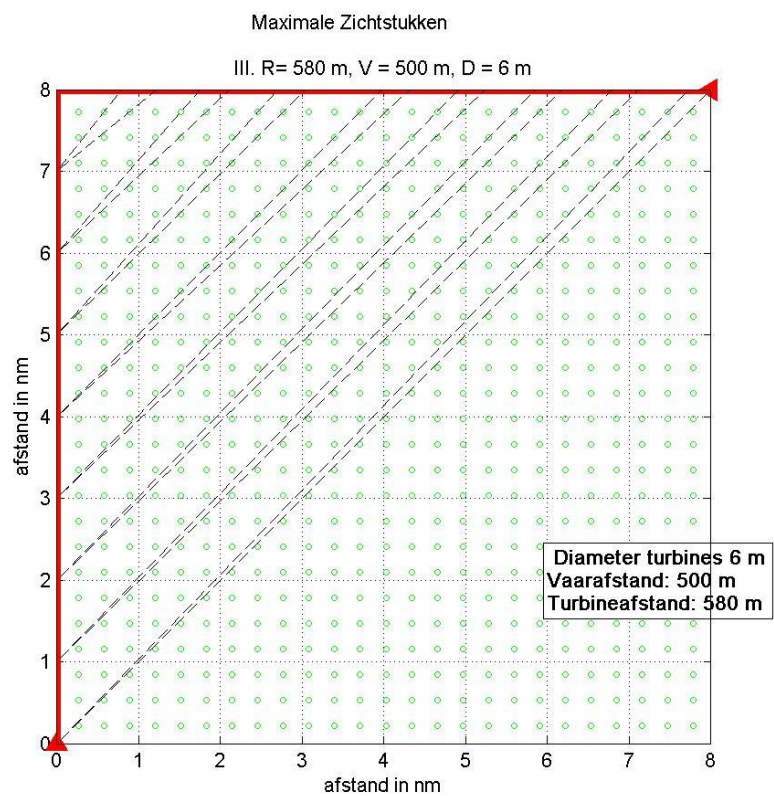
Figuur 3-17

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 500 m



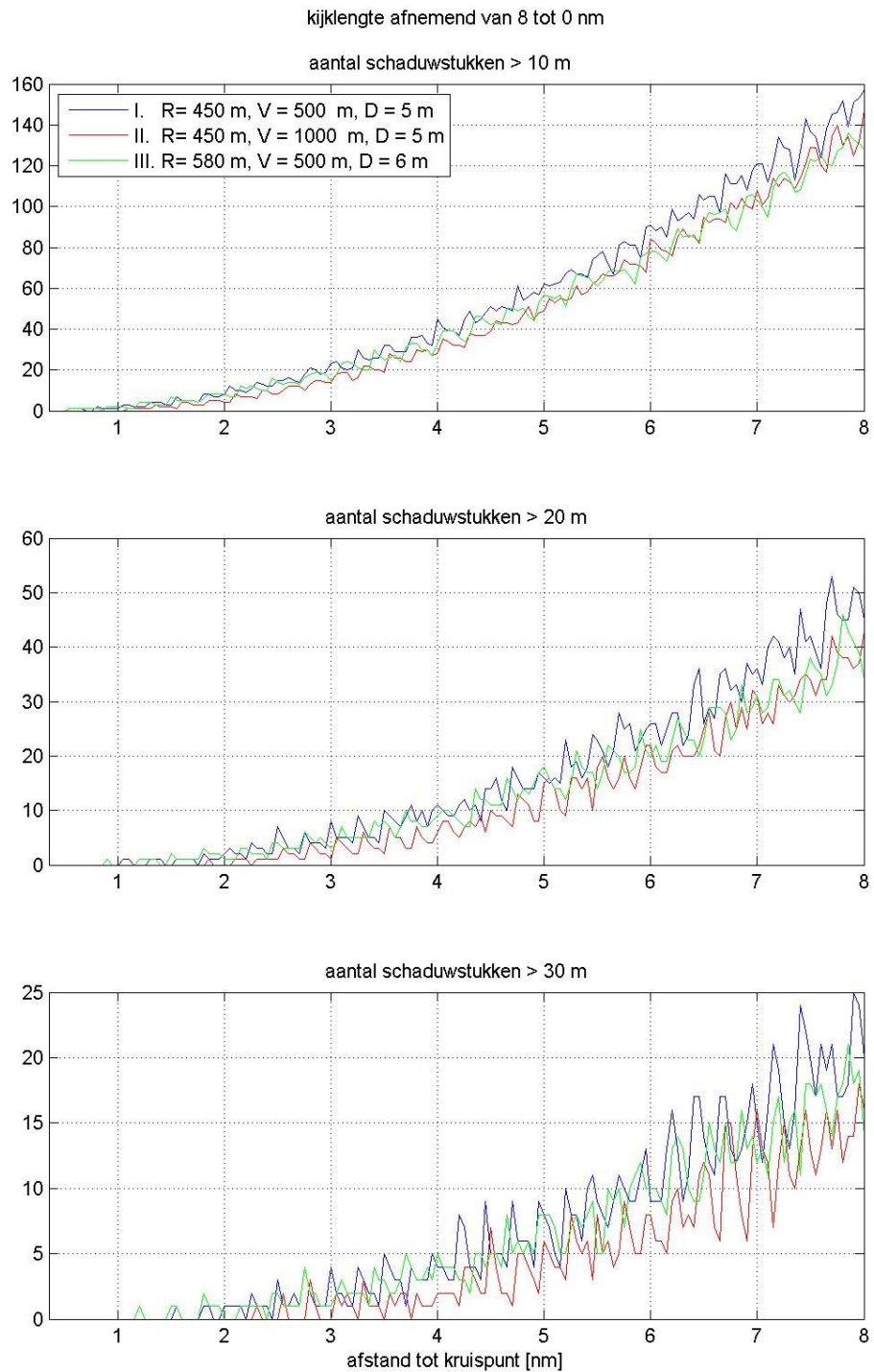
Figuur 3-18

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, vaarafstand 1000 m



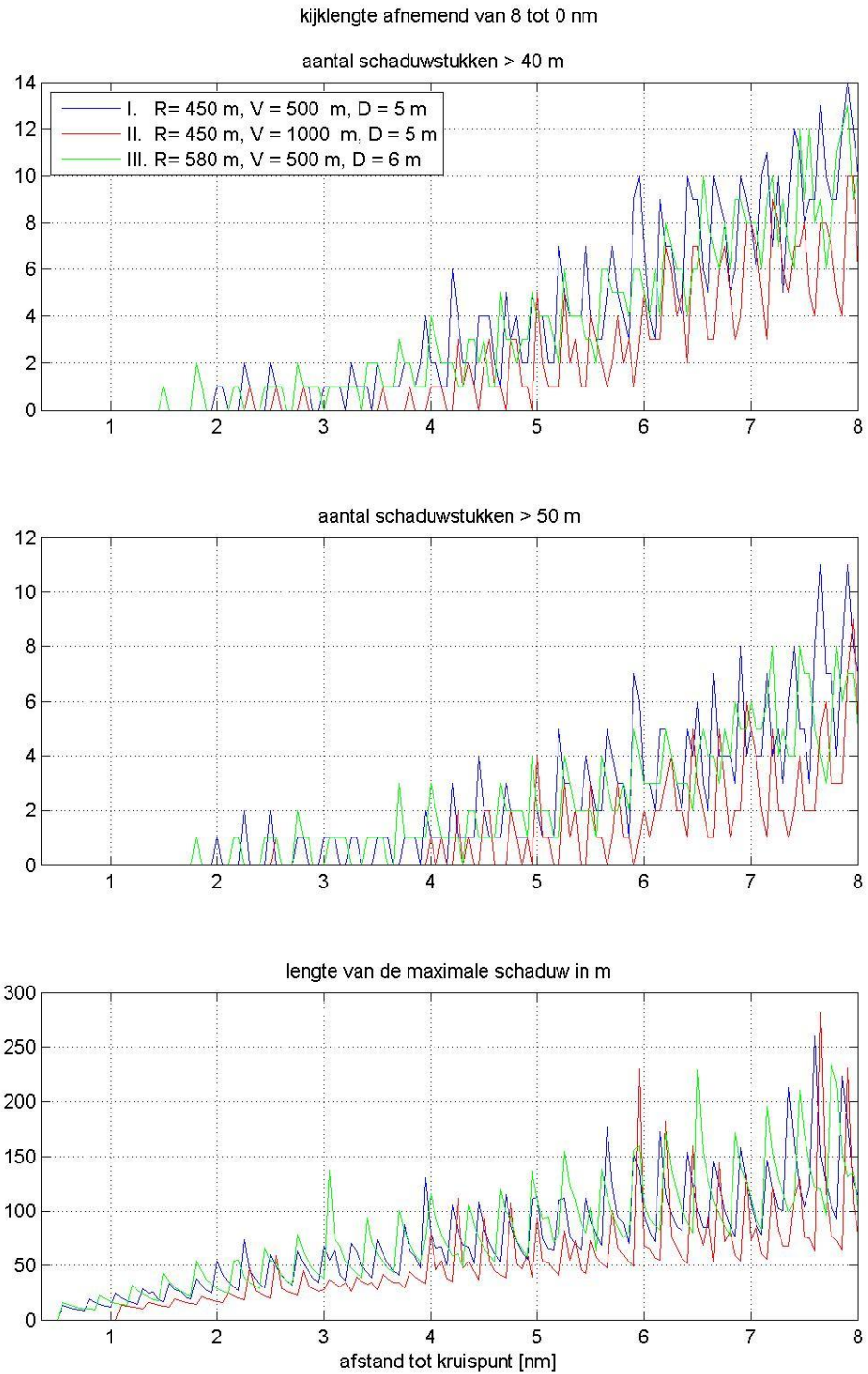
Figuur 3-19

Opstelling windturbines in vierkant evenwijdig aan vaarlinks, afstand tussen turbines 580 m en vaarafstand 500 m



Figuur 3-20

Schaduw > 10 m, > 20 m en > 30 m lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse



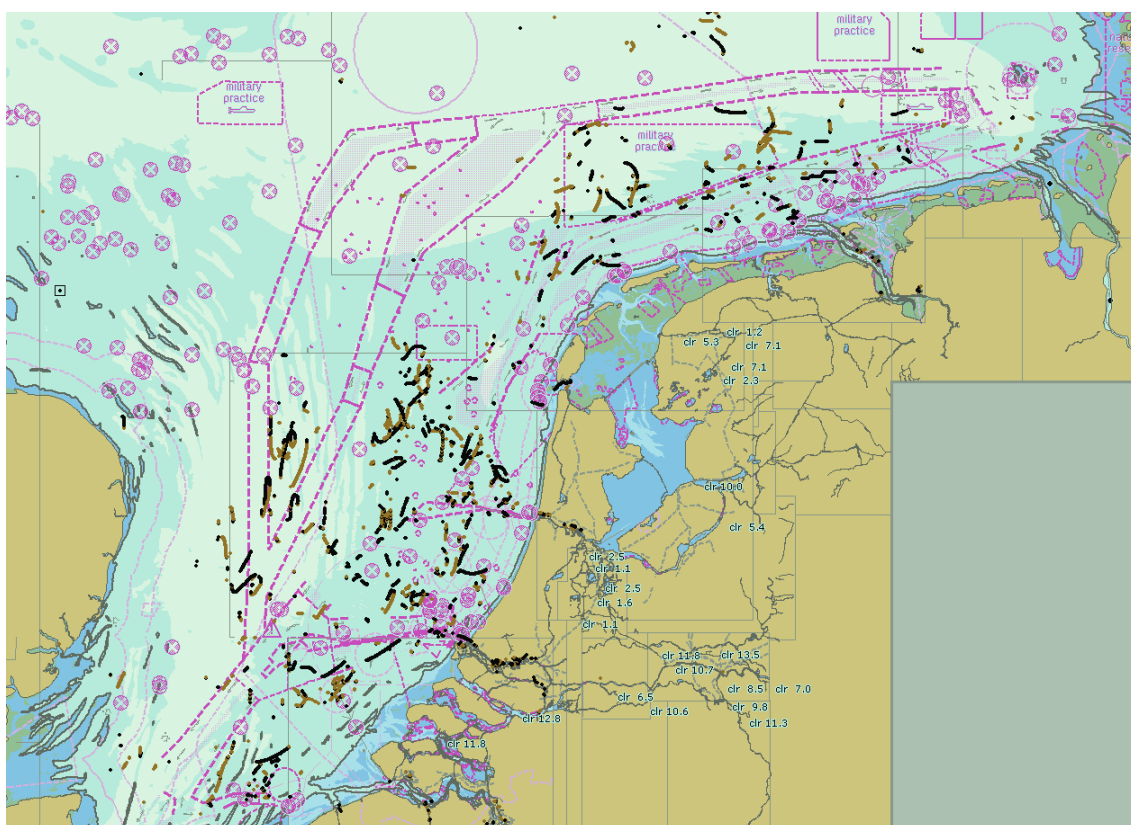
Figuur 3-21

Schaduw > 40 m, > 50 m en maximale lengte van een schaduwstuk voor de gevoeligheidsanalyse

3.8 Tijdelijk onmanoeuvreerbare schepen

MARIN heeft een studie uitgevoerd voor DGTL naar het aantal drifters op de Noordzee.. Hierin valt een analyse van de AIS-data van de kustwacht van 1 maart 2005 – 31 december 2005. Deze dataset bevat alle vaarbewegingen van de schepen met AIS aan boord, die zijn ontvangen door de AIS-basestations langs de Nederlandse kust. Deze set dekt een strook langs de Nederlandse kust. De records zijn onderzocht op de navigatiestatus “Not under command” (verder aangeduid met NUC-records), wat wil zeggen dat ze op dat moment niet in staat zijn om de normale uitwijkregels in acht te nemen. Alle drifters zouden dat moeten uitzenden. De dataset is niet volmaakt, mede door het feit dat de navigatie status handmatig ingevoerd moet worden in de AIS-transponder, daarom zijn er een aantal filters toegepast om de waarschijnlijke drifters over te houden. In Figuur 3-22 zijn de waarschijnlijke drifters geplot. De zwarte lijnen geven een koers over de grond tussen 0° en 180° aan en de bruine lijnen een koers groter dan 180°.

De data van 10 maanden is ook geanalyseerd om na te gaan of er een verhoogde kans is op een drifter nabij de haven en wat de orde van grootte van deze extra kans is. In dit rapport wordt niet in detail op deze analyse ingegaan maar worden de resultaten van de analyse voor wat betreft de onmanoeuvreerbare schepen nabij havens gepresenteerd.



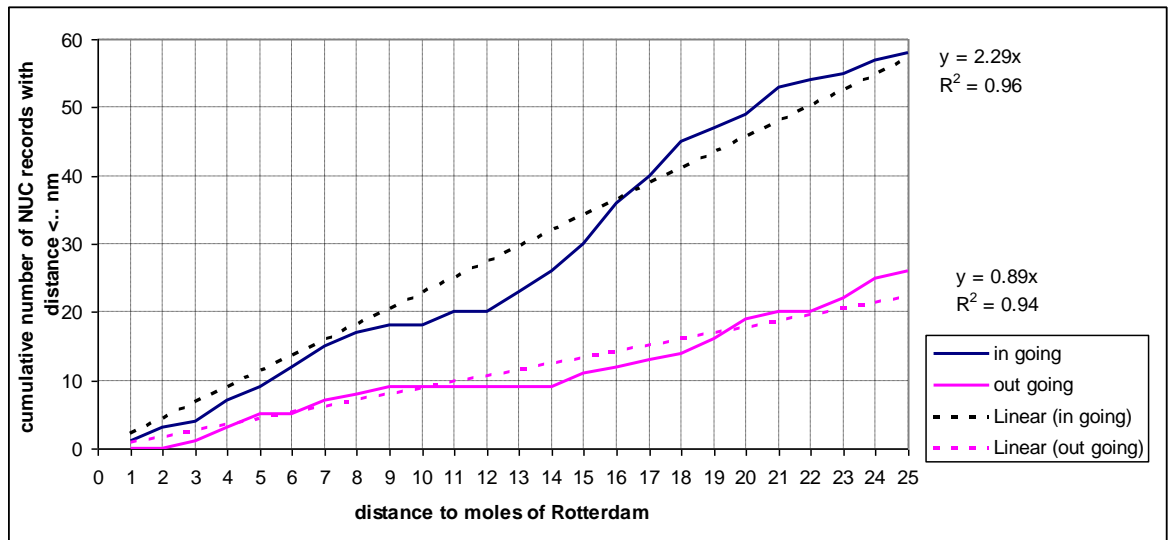
Figuur 3-22 NUC-records met snelheid over de grond < 6 knopen en drifthoek > 30° (maart -december 2005)

Figuur 3-22 laat zien dat bij het inkomende verkeer door Maas West meer storingen voorkomen dan bij het uitgaande verkeer door Maas West. Dit wordt onder andere veroorzaakt door het overgaan van zeebedrijf naar havenbedrijf, waarbij de kans op een storing groter is, maar ook door het vaart verminderen voor het oppakken van de loods. Om dit verschil te kwantificeren is voor alle NUC-records op zee de afstand tot de havenmond bepaald. Gerekend is met de kortste afstand, dus niet helemaal gelijk aan

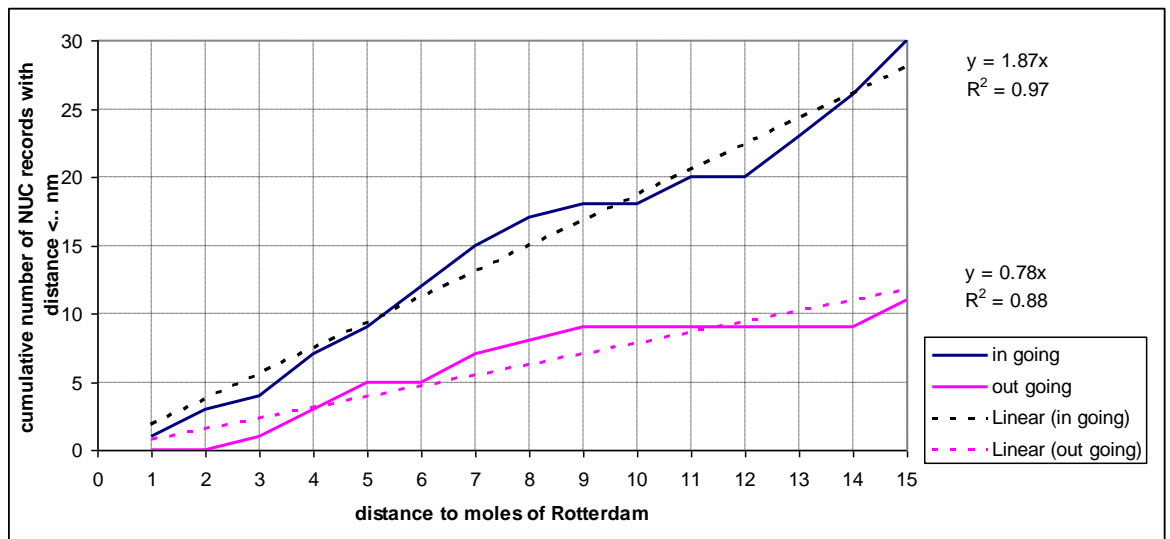
de vaarafstand, maar dat heeft geen effect op de resultaten van deze analyse. Vervolgens is een tabel gemaakt met het aantal NUC-records per mijl. Hierbij is een splitsing gemaakt tussen de inkomende schepen (bestemming Rotterdam, Moerdijk etc.) en de uitgaande schepen. De schepen zonder bestemming zijn niet behandeld. De resultaten worden getoond in Figuur 3-23. Uit de figuur blijkt dat het aantal NUC-records inkomend, groter is dan uitgaand, wat de grotere kans op een storing bij inkomende schepen bevestigt. Figuur 3-23 dient als volgt gelezen te worden. Er zijn 30 inkomende schepen die NUC-records hebben verzonden binnen een afstand van 15 mijl tot de havenmond van Rotterdam. Voor uitgaande schepen bedraagt dit aantal 11. Voor de grotere afstanden tot Rotterdam neemt het aantal voor uitgaande schepen relatief meer toe. De reden is dat deze schepen niet allemaal uit Rotterdam zijn vertrokken, maar bijvoorbeeld uit Hamburg met bestemming Antwerpen. Alleen voor schepen met een afstand kleiner dan 15 zeemijl van de havenmond van Rotterdam en bestemming buiten Rotterdam kan worden aangenomen dat ze uit Rotterdam vertrokken zijn. Om deze reden is Figuur 3-24 toegevoegd, waarbij de afstand en de regressielijnen zijn bepaald voor het traject tot 15 mijl voor Rotterdam. Op dit traject is de kans op een NUC $1.87/0.78 = 2.4$ keer zo groot.

Voor de berekeningen in hoofdstuk 4 wordt met deze factor van 2.4 gewerkt om het extra risico voor tijdelijk niet manoeuvreerbare schepen te kwantificeren. Hierbij wordt dan aangenomen dat bij deze schepen dezelfde storingsduur optreedt als gemiddeld op de Noordzee, wat vermoedelijk een overschatting van het probleem is omdat de storingen elders op zee eerder het gevolg zijn van een defecte machine en dus waarschijnlijk langer duren dan de storingen door het overgaan van zeestatus naar havenstatus.

Voor het kwantificeren van de extra aandrijfkans voor een windpark is een extra verkeersdatabase aangemaakt die alleen de ingaande links naar een haven bevatten. Er is verondersteld dat de extra storingskans optreedt op een traject van 10 zeemijl, voordat het loodsstation wordt bereikt vanuit alle richtingen voor de bestemmingen in de Rijnmond, IJmond, Den Helder, Harlingen en de Eemmond.



Figuur 3-23 Aantal storingen op traject tot havenmond



Figuur 3-24 Aantal storingen op traject tot havenmond

4 RESULTATEN

De berekeningen zijn uitgevoerd voor twee omgevingsscenario's en twee configuraties van het windpark North Sea Power. Voor de in totaal vier varianten zijn de resultaten van de berekeningen gegeven in verschillende tabellen in de Appendix.

Voor iedere variant is eenzelfde set tabellen gegeven. In de tekst in dit hoofdstuk wordt alleen verwezen naar de tabellen voor de eerste variant. Iedere variant begint met een figuur met de lay-out van het windpark en de nummering van de windturbines. De routegebonden schepen worden in de tabellen verkort weergegeven met "R-schepen" en de niet-routegebonden schepen worden aangeduid met "N-schepen".

4.1 Locatie, scenario's en configuraties

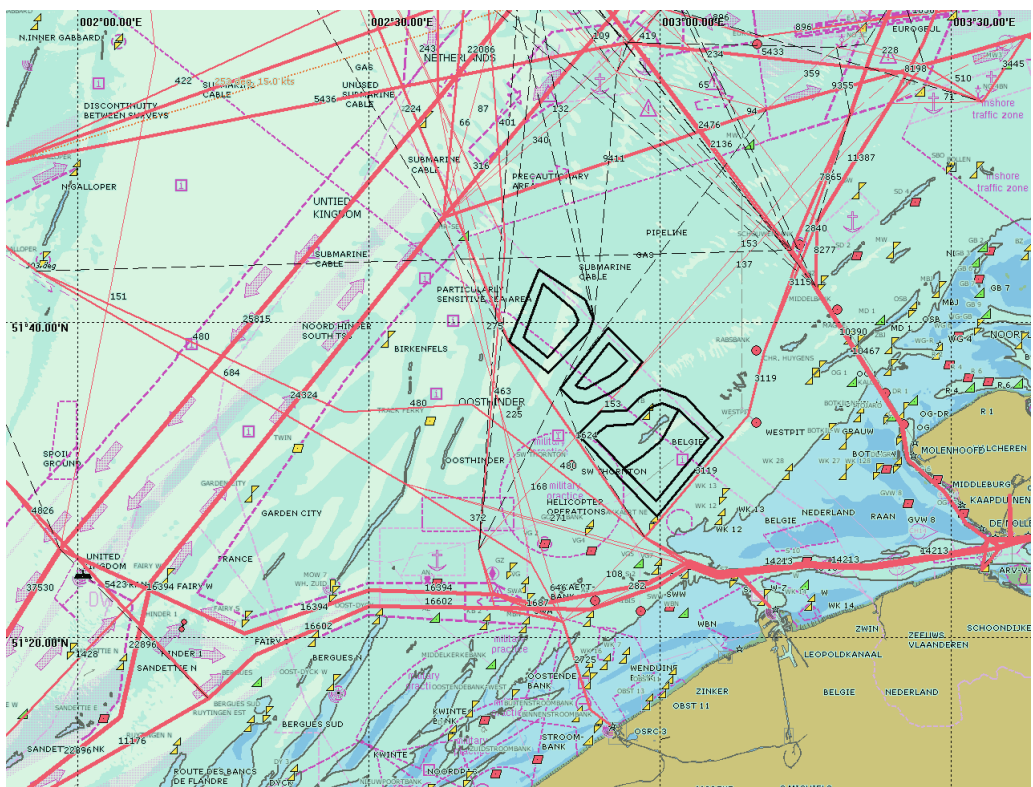
Windparken in de omgeving van North Sea Power beïnvloeden de verkeersstromen rond het windpark. Aangezien een aantal windparken al vergund en reeds in aanbouw is, heeft het weinig zin om North Sea Power los van deze windparken te beschouwen. Er is daarom uitgegaan van twee scenario's:

- Scenario 1: aanwezigheid van vier windparken: North Sea Power, Belwind, Eldepasco en C-Power (de laatste drie parken zijn reeds vergund en deels in aanbouw);
- Scenario 2: aanwezigheid van zes windparken: North Sea Power, Belwind, SEASTAR, Eldepasco, RENTEL en C-Power;

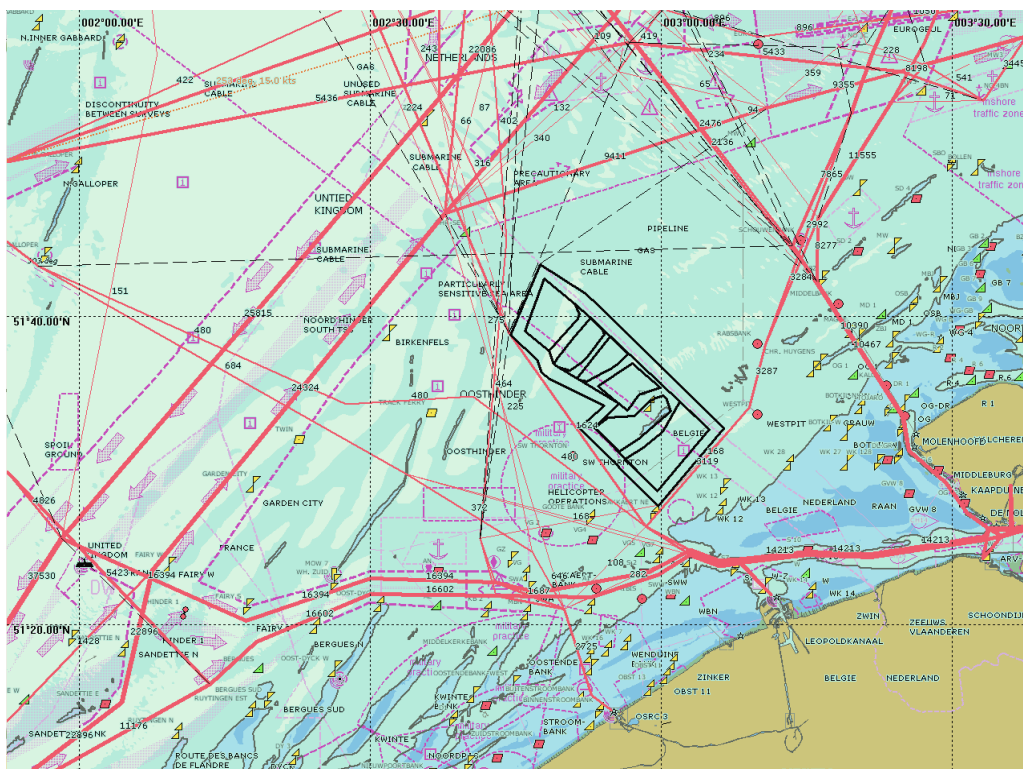
Vanwege de in aanbouw zijnde windparken kan als 'huidige' verkeerssituatie beschouwd worden de situatie zoals die zal zijn bij aanwezigheid van Belwind, Eldepasco en C-Power. Het verkeersbeeld in deze situatie is weergegeven in Figuur 4-1. Het verkeersbeeld voor de scenario's 1 en 2 is weergegeven in Figuur 4-2 en Figuur 4-3. Hierbij is uitgegaan van de verkeersdatabase van 2008. In de laatste twee figuren is ook het gebied op een afstand van 1 zeemijl van de buitenste turbines weergegeven.



Figuur 4-1 Verkeersbeeld in de huidige situatie, bij aanwezigheid van windparken Belwind, Eldepasco en C-Power (afgebeeld van noordwest naar zuidoost)



Figuur 4-2 Verkeerssituatie bij scenario 1 bij aanwezigheid van (van noordwest naar zuidoost) Belwind, Eldepasco, C-Power en North Sea Power, inclusief 1 nm rond de windparken.



Figuur 4-3 Verkeerssituatie bij scenario 2 bij aanwezigheid van (van noordwest naar zuidoost) Belwind, SEASTAR, Eldepasco, RENTEL, C-Power en North Sea Power, inclusief 1 nm rond de windparken.

Er zijn twee configuraties van North Sea Power die ieder in combinatie met beide scenario's doorgerekend zijn:

- Configuratie 1: 86 windturbines van 3.6 MW op een monopile fundering, inclusief 2 offshore high voltage station (OHVS) en 2 windmeetmasten (WMM);
- Configuratie 2: 74 windturbines van 6.15 MW op een jacket fundering, inclusief 2 offshore high voltage stations en 2 windmeetmasten.

Naast deze twee configuraties, zijn er nog twee mogelijke configuraties. Deze zijn in deze studie echter niet doorgerekend omdat deze een evident lager risico zullen opleveren dan de twee beschouwde configuraties.

Een derde configuratie met 47 windturbines van 10 MW op een jacket fundering is niet beschouwd omdat deze configuratie in vergelijking met configuratie 2 een aanzienlijk lager risico zal opleveren. Het aantal turbines, dat het meest bepalend is voor het risico, is met 47 veel kleiner dan bij configuratie 2. Er is wel een hoger risico per windturbine door de grotere afmeting, maar dit blijft beperkt.

Een vierde configuratie met 86 GE 4.1 MW turbines is niet doorgerekend, omdat de turbines in deze configuratie op dezelfde posities staan als de 3.6 MW turbines voor configuratie 1. Gezien het hogere vermogen zal deze configuratie altijd gunstiger zijn dan configuratie 1, zeker als ook de afmetingen van de turbines hetzelfde (of kleiner) zijn.

In Tabel 4-1 zijn de aantallen, vermogens en afmetingen van de doorgerekende configuraties gegeven.

Config.	Turbines			Fundering		OHVS		WMM	
	Aant.	Vermogen	Rotor diameter	Type	Afmeting	Aantal	Afmeting	Aant.	Afmeting
1	86	3.6 MW	120 m	monopile	5 m (diam)	2	30 x 25 m	2	2 m (diam)
2	74	6.15 MW	126 m	jacket	17 x 17 m	2	30 x 25 m	2	2 m (diam)

Tabel 4-1 Gehanteerde gegevens per configuratie

De initiatiefnemer doet op vandaag nog geen uitspraak over de definitieve keuze van turbine of fundering. In de praktijk wordt pas na een uitgebreide marktanalyse en aanbestedingsprocedure een definitieve keuze gemaakt. Daarbij spelen de referenties, de financiële draagkracht van de diverse fabrikanten, de economische analyse, de “proven technology” en nog tal van factoren een cruciale rol. Het is eveneens ondenkbaar om reeds een aanbestedingsprocedure te starten, vooraleer er zekerheid bestaat omtrent de vergunning.

De methodiek en analyses binnen het MER volgen het principe van worst-case benadering. De afmetingen en specificaties van de uiteindelijk gekozen turbine en funderingstypes, dienen equivalent of inferieur te zijn aan de binnen het MER beschreven types. Zoals gezegd, resorteert bijvoorbeeld de turbine GE 4.1 MW binnen de Siemens S120 (86 turbines) uit configuratie 1.

4.2 Aanvaar/aandrijf frequenties

Door de aanwezigheid van het windpark is een nieuw type risico ontstaan op die locatie op zee, namelijk de kans dat een schip tegen één van de windturbines aanvaart (rammen) of aandrijft (driften). De frequenties voor deze ongevallen zijn bepaald met het SAMSON-model. Voor deze berekeningen is de verkeersdatabase gebruikt waarbij de windparklocatie is vrijgemaakt van verkeer (zie Figuur 4-2 en Figuur 4-3). De resultaten van deze berekening worden gegeven in termen van het aantal mogelijke aanvaringen per jaar voor elke windturbine afzonderlijk en voor het gehele windpark.

Bij het bepalen van de frequenties is rekening gehouden met de extra aandrijfkans (door routegebonden schepen) als gevolg van de verhoogde storingskans nabij de aanloop van een haven (zie 3.8). Door de ligging van het windpark North Sea Power is het effect hiervan relatief klein. Het totaal aantal aandrijvingen per jaar door routegebonden schepen neemt door de extra storingskans nabij de aanloop van een haven slechts met 0.5% toe.

In Tabel A1-1 van Appendix A staan voor de eerste variant de aanvaar- en aandrijffrequenties per windturbine. Figuur A1-2 toont een grafische weergave hiervan. Voor de overige drie varianten staan deze frequenties in Tabel A2-1 tot en met Tabel A4-1 en Figuur A2-2 tot en met Figuur A4-2. (Voor het gemak zal in het vervolg alleen worden verwezen worden naar het tabel- of figuurnummer van de eerste variant). In Tabel A1-2 in Appendix A staat het totaal verwachte aantal aanvaringen en aandrijvingen per jaar voor het gehele windpark.

Uit deze tabellen en figuren blijkt dat de windturbines en de meetmast aan de zuidoostelijke rand van het park een relatief hoge aanvaarkans hebben vergeleken met de overige turbines. Deze turbines liggen het dichtst bij de route van en naar Maas West die langs het park loopt. Verder hebben de hoogspanningsstations door de grotere afmetingen een hogere aanvaarkans. Dit verschil is minder groot bij gebruik van jackets. De turbines aan de noordwestelijke rand van het park (tegen windpark C-Power aan) hebben de laagste aanvaarkans.

Tabel 4-2 bevat de kans op een aanvaring/aandrijving per jaar gesommeerd over alle windturbines (inclusief meetmasten en high voltage station) in het windpark North Sea Power.

Uit de tabel blijkt dat het scenario weinig invloed heeft op de kansen. Bij gelijke configuratie en verschillend scenario zijn er slechts kleine verschillen tussen de varianten, en deze worden veroorzaakt door een kleine stroom routegebonden verkeer van en naar Maas West, die niet meer tussen Eldepasco en C-Power door varen, maar in plaats daarvan ten zuiden van North Sea Power langs varen.

De verschillen bij gelijk scenario en verschillende configuratie zijn groter. Dit wordt met name veroorzaakt door verschillen in ram-aanvaringen, en heeft te maken met het al dan niet gebruiken van jacket funderingen.

In Tabel 4-3 wordt de aanvaar/aandrijfkans gegeven per verwachte energieopbrengst in MWh voor iedere variant. Deze getallen moeten dus geminimaliseerd worden om het risico per energieopbrengst te minimaliseren. Bij het berekenen van de verwachte energieopbrengst is uitgegaan van een rendement van 35% van het turbinevermogen. Deze tabel laat zien dat ondanks het gebruik van jacket funderingen, de varianten met 6.15 MW turbines per geleverde eenheid energie toch een lagere aanvaringskans hebben. Het aantal turbines is meer bepalend voor het risico dan de afmeting van de palen. Om deze reden is het zeker nog voordeliger om 10 MW turbines te gebruiken.

In Tabel 4-4 en Tabel 4-5 zijn voor achtereenvolgens scenario 1 en 2 voor alle windparken en configuraties die voor het scenario berekend zijn de aanvarings- en aandrijvingskansen weergegeven. Hieruit blijkt dat de kans op aanvaring door routegebonden schepen voor North Sea Power relatief hoog is vergeleken met de andere parken. In Tabel 4-6 staan voor de vier verschillende configuratie- en scenario-combinaties (varianten) de totale aanvarings- en aandrijvings gegeven, gesommeerd over alle parken.

Tabel 4-7 laat de aanvaar- en aandrijfkansen zien in verhouding tot de totale aanvaar- en aandrijfkans voor de windparken in het scenario. De totale aanvaar- en aandrijfkans van North Sea Power varieert van 32.4% tot 38.7% van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windparken in de scenario's. In Tabel A1- 3 staan voor scenario 1 en configuratie 1 de relatieve aandelen van de overige windparken.

Variant North Sea Power	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
			R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	
NSP_sc1_conf1	949234	86	0.02924	0.00733	0.03963	0.00463	0.08084
NSP_sc1_conf2	1395337	74	0.03523	0.01604	0.03563	0.00537	0.09228
NSP_sc2_conf1	949234	86	0.03069	0.00729	0.04034	0.00463	0.08295
NSP_sc2_conf2	1395337	74	0.03700	0.01593	0.03628	0.00537	0.09458

Tabel 4-2 *Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor het North Sea Power windpark (inclusief hoogspanningsstations en meetmasten) binnen de beschouwde cumulatieve variant*

Variant North Sea Power	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per MWh		Aantal aandrijvingen (driften) per MWh		Totaal per MWh
			R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	
NSP_sc1_conf1	949234	86	3.08E-08	7.73E-09	4.17E-08	4.88E-09	8.52E-08
NSP_sc1_conf2	1395337	74	2.52E-08	1.15E-08	2.55E-08	3.85E-09	6.61E-08
NSP_sc2_conf1	949234	86	3.23E-08	7.68E-09	4.25E-08	4.87E-09	8.74E-08
NSP_sc2_conf2	1395337	74	2.65E-08	1.14E-08	2.60E-08	3.85E-09	6.78E-08

Tabel 4-3 *Verwacht aantal aanvaringen/aandrijvingen per MWh voor het North Sea Power windpark (inclusief hoogspanningsstations en meetmasten) binnen de beschouwde cumulatieve variant*

Alle windparken en configuraties onder scenario 1	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
North Sea Power configuratie 1	0.02924	0.00733	0.03963	0.00463	0.08084
North Sea Power configuratie 2	0.03523	0.01604	0.03563	0.00537	0.09228
Belwind	0.00719	0.01162	0.04873	0.00517	0.07272
Eldepasco	0.00218	0.01033	0.02463	0.00386	0.04100
C-Power	0.00520	0.00409	0.02029	0.00289	0.03248

Tabel 4-4 *Verwachte aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken en configuraties in cumulatief scenario 1*

Alle windparken en configuraties onder scenario 2	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
North Sea Power configuratie 1	0.03069	0.00729	0.04034	0.00463	0.08295
North Sea Power configuratie 2	0.03700	0.01593	0.03628	0.00537	0.09458
Belwind	0.00580	0.00803	0.04848	0.00499	0.06729
Eldepasco	0.00023	0.00322	0.02362	0.00315	0.03023
C-Power	0.00424	0.00279	0.01997	0.00263	0.02963
RENTEL	0.00009	0.00227	0.01663	0.00288	0.02187
SEASTAR	0.00108	0.00519	0.01517	0.00237	0.02381

Tabel 4-5 *Verwachte aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken en configuraties in cumulatief scenario 2*

Cumulatieve variant	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
Scenario 1 - NSP configuratie 1	0.04382	0.03338	0.13328	0.01656	0.22704
Scenario 1 - NSP configuratie 2	0.04980	0.04209	0.12928	0.01731	0.23849
Scenario 2 - NSP configuratie 1	0.04213	0.02880	0.16420	0.02065	0.25577
Scenario 2 - NSP configuratie 2	0.04822	0.03723	0.16011	0.02138	0.26694

Tabel 4-6 *Verwacht totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor alle parken in een cumulatieve variant*

Variant North Sea Power	Relatief aantal aanvaringen (rammen) t.o.v. geheel scenario		Relatief aantal aandrijvingen (driften) t.o.v. geheel scenario		Totaal
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
NSP_sc1_conf1	66.7%	22.0%	29.7%	28.0%	35.6%
NSP_sc1_conf2	70.7%	38.1%	27.6%	31.0%	38.7%
NSP_sc2_conf1	72.8%	25.3%	24.6%	22.4%	32.4%
NSP_sc2_conf2	76.7%	42.8%	22.7%	25.1%	35.4%

Tabel 4-7 *Verwacht aandeel aanvaringen/aandrijvingen voor het North Sea Power windpark in verhouding met het totaal per cumulatieve variant*

4.3 Gevolgschade

4.3.1 Schade aan het schip

Voor de gevolgschade aan het schip worden drie types onderscheiden: schade aan het schip in het geval dat de gondel en mastdeel op het schip valt na de aanvaring, alleen schade aan de scheepshuid en geen schade. De frequentie van ieder type schade aan het schip is voor de eerste variant gegeven in Tabel A1-4 in de Appendix. De frequenties worden gegeven voor zeven verschillende scheepstypen.

De onderlinge vergelijking vindt plaats in 4.3.3 bij de behandeling van de bunker en olie-uitstroom.

4.3.2 Schade aan de windturbines

Voor de gevolgschade aan de windturbines worden vier typen onderscheiden: geen schade, de turbine kan scheef gaan staan, de turbine kan omvallen, de gondel en mast kunnen op het schip vallen. De frequentie van deze verschillende types voor het gehele windpark gesommeerd is voor de eerste variant gegeven in Tabel A1-5 in de Appendix.

Op basis van de gemiddelde massa van een bepaald scheepstype en scheepsgrootte en de gemiddelde snelheid kan de kinetische energie bepaald worden op het moment van 'impact'. De verdeling van de aanvaar/aandrijffrequenties voor de verschillende impactenergie-niveaus is gegeven in Tabel A1-6. Uit deze tabel volgt dat bij scenario 1 en configuratie 1 ongeveer 55% van de contacten met turbines door driften wordt veroorzaakt, en 45% door rammen. Verder blijkt dat het voor ongeveer 85% routegebonden schepen betreft.

Figuur A1-3 bevat nogmaals de aanvaringsfrequenties. Met deze figuur wordt weergegeven hoe vaak aanvaringen met bepaalde impact voorkomen. Alle aanvaringen hebben een impact energie groter dan 0.0001 MJ. Dus op het punt waar de grafieken de x-as snijden, is af te lezen hoe groot het aantal aanvaringen, aandrijvingen en het totaal

is (in geval van Figuur A1-3 0.0366, 0.0443 en 0.0808). Echter, het aantal aanvaringen dat een impact heeft boven een bepaalde energiewaarde, zal afnemen naar mate die drempelwaarde (op de y-as) toeneemt. De lijnen lopen dus richting de y-as. Uit de grafiek is af te lezen dat er nooit aandrijvingen met een impact van meer dan 1000.000 MJ plaatsvinden. De groene lijn valt vanaf dat punt samen met de y-as, zoals ook de blauwe en rode lijn samenvallen. Alleen aanvaringen hebben een impact van meer dan 1000.000 MJ.

4.3.3 Milieuschade

De schade aan het milieu als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine wordt bepaald door de hoeveelheid olie die uit een schip stroomt. Er worden twee hoofdtypen olie onderscheiden: bunkerolie en ladingolie. In Tabel A1-7 wordt voor de eerste variant de frequentie voor de uitstroom van bunkerolie gegeven voor verschillende uitstroomvolume klassen. In Tabel A1-8 wordt de frequentie van uitstroom van ladingolie gegeven. In Tabel A1-9 worden beide oliesoorten naast elkaar gezet.

De totale kans op een uitstroom van olie en de gemiddelde hoeveelheid uitstroom per jaar per variant is gegeven in Tabel 4-8. Op basis van de frequenties is de gemiddelde tijd tussen twee uitstromingen van olie bepaald, bijvoorbeeld $1/(0.002155+0.000426) \approx 387$ jaar voor variant NSP_sc1_conf1.

De gemiddelde uitstroom van 2.42 m^3 ladingolie voor deze variant in Tabel 4-8 dient alleen als vergelijking. Een uitstroom van 2.42 m^3 ieder jaar geeft immers een heel andere milieubelasting dan een uitstroom van 242 m^3 eens in de 100 jaar op één bepaald moment. In de Appendix is daarom in Tabel A1-7 en Tabel A1-8 de verdeling van het uitstroomvolume over verschillende volumeklassen gegeven.

Om een idee te krijgen van wat dit betekent is de uitstroom aan olie ten gevolge van een ongeval (alle verschillende typen) voor de gehele Belgische Noordzee toegevoegd. Dit getal geldt voor de situatie zonder windparken. De uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een North Sea Power turbine in variant NSP_sc2_conf1 is $(0.002191 + 0.000458) / (0.023553 + 0.008280) \approx 8.3\%$ van de uitstroom op de Belgische Noordzee zonder windparken. Voor de overige varianten is dit lager.

In Tabel 4-9 zijn de waarden van Tabel 4-8 als percentage van het totaal voor de windparken per scenario gegeven. Het aandeel van North Sea Power in de uitstroom als gevolg van de windparken is in scenario 1 voor bunkerolie 30.2% voor configuratie 1 en 27.9% voor configuratie 2. Voor ladingolie is het aandeel achtereenvolgens 18.6% en 16.8%. In scenario 2 ligt het aandeel lager door de aanwezigheid van RENTEL en SEASTAR.

In Tabel 4-10 is de verwachte jaarlijkse uitstroom per North Sea Power variant gerelateerd aan de totale verwachte uitstroom van alle windparken in het betreffende cumulatieve scenario. Combinatie van deze tabel met Tabel 4-9 levert dat voor de eerste variant dat de 1.40 m^3 bunkerolie uitstroom van North Sea Power 31.0% van de totale bunkerolie uitstroom is, oftewel: gemiddeld stroomt per jaar naar verwachting 4.52 m^3 bunkerolie uit als gevolg van alle windparken in dit cumulatieve scenario. Eenzelfde redenering levert een gemiddelde verwachte ladingolie uitstroom van 14.32 m^3 per jaar. Bij elkaar is dit dus de totale olie uitstroom van 18.84 m^3 per jaar.

In Tabel 4-11 zijn de uitstroomfrequenties gegeven per MWh. De tabel geeft voor de uitstroom hetzelfde beeld als voor het aanvaar/aandrijfrisico; per MWh is de milieuschade bij 6.15 MW turbines (configuratie 2) kleiner dan bij 3.6 MW (configuratie 1), ondanks het gebruik van de jacket fundering in configuratie 2.

Variant North Sea Power	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
NSP_sc1_conf1	0.002155	464	1.41	0.000426	2349	2.42	387
NSP_sc1_conf2	0.001927	519	1.23	0.000376	2660	2.12	434
NSP_sc2_conf1	0.002191	457	1.42	0.000458	2185	2.53	378
NSP_sc2_conf2	0.001959	511	1.24	0.000404	2474	2.21	423
Belgische Noordzee (zonder windparken)	0.023553	42	6.1	0.008280	121	164.2	31

Tabel 4-8 *Uitstroomkans en hoeveelheid van bunkerolie en ladingolie*

Variant North Sea Power	Bunkerolie		Ladingolie	
	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
NSP_sc1_conf1	30.2%	31.0%	18.6%	16.9%
NSP_sc1_conf2	27.9%	28.2%	16.8%	15.1%
NSP_sc2_conf1	24.9%	25.7%	16.2%	14.2%
NSP_sc2_conf2	22.9%	23.2%	14.6%	12.6%

Tabel 4-9 *Uitstroom van bunkerolie en ladingolie als percentage van de totale uitstroom die als gevolg van de veronderstelde windparken in de scenario's plaats vindt*

Variant North Sea Power	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³				Aandeel NSP in uitstroom alle windparken
	NSP bunker olie	NSP lading olie	NSP totaal	Totaal windparken cumulatief scenario	
NSP_sc1_conf1	1.40	2.42	3.82	18.84	20.3%
NSP_sc1_conf2	1.23	2.12	3.35	18.36	18.2%
NSP_sc2_conf1	1.42	2.53	3.95	23.37	16.9%
NSP_sc2_conf2	1.24	2.21	3.46	22.87	15.1%

Tabel 4-10 *Gemiddelde olie uitstroom van het North Sea Power windpark ten opzichte van alle windparken per cumulatieve variant*

Variant North Sea Power	Energie-opbrengst [MWh/jaar]	Bunkerolie		Ladingolie	
		Frequentie per MWh	Gemiddelde uitstroom (m ³ /MWh)	Frequentie per MWh	Gemiddelde uitstroom (m ³ /MWh)
NSP_sc1_conf1	949234	2.27E-09	1.48E-06	4.48E-10	2.55E-06
NSP_sc1_conf2	1395337	1.38E-09	8.78E-07	2.69E-10	1.52E-06
NSP_sc2_conf1	949234	2.31E-09	1.50E-06	4.82E-10	2.66E-06
NSP_sc2_conf2	1395337	1.40E-09	8.90E-07	2.90E-10	1.59E-06

Tabel 4-11 *De uitstroom van bunkerolie en ladingolie per MWh*

Naast de uitstroom van olie veroorzaakt ook de uitstroom van chemicaliën schade aan het milieu. Niet alle soorten chemicaliën zijn even schadelijk voor het milieu, de mate waarin een bepaalde stof schadelijk is wordt aangeduid met ecologisch risico. In Tabel A1-10 worden de frequenties gegeven van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aanvaring/aandrijving van een windturbine voor verschillend ecologisch risico. Bij vergelijking van de varianten geeft de uitstroom van chemicaliën hetzelfde beeld als de uitstroom van olie.

4.3.4 Persoonlijk letstel

Persoonlijk letstel wordt veroorzaakt doordat de gondel en de mast op het dek van een schip vallen. In Tabel A1-11 is voor variant NSP_sc1_conf1 een overzicht gegeven van het aantal directe doden als gevolg van het op het dek vallen van de gondel en de mast. Ook wordt een indicatie gegeven van het groepsrisico. Bij het groepsrisico is de kans op een ramp met meer dan 10 dodelijke slachtoffers gegeven. Een dergelijke ramp doet zich alleen maar voor wanneer een chemicaliën tanker, een ferry of een gastanker de windturbine aanvaart, waarna deze knikt en op het dek terecht komt. Voor de frequenties wordt verwezen naar de detailtabellen in Appendix A.

Beoordeling van het risico

Er bestaan geen echte normen voor het risico op zee maar voor het afschatten van de externe veiligheid is aansluiting gezocht bij de risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen, zoals beschreven in [6].

Voor een windpark liggen alle contouren voor het individuele risico op het water zodat altijd aan de (eventuele) norm voor het individueel risico wordt voldaan.

In [6] is een oriënterende waarde voor het groepsrisico gegeven van 10^{-4} per jaar per kilometer route (vaarweg) voor een ramp met minstens 10 slachtoffers. Het is overigens de vraag of deze norm toegepast mag worden, want het gaat hier om slachtoffers van de vervoerders (die het ongeval veroorzaken) en niet om slachtoffers in de directe omgeving van de route. Toch is deze oriënterende waarde gebruikt voor het beoordelen van het groepsrisico. Bij de inrichtingsvariant NSP_sc2_conf2 is de kans op meer dan 10 doden gelijk aan 1/8318 per jaar (zie Tabel A4-11). Voor de overige varianten is dit lager. Het windpark heeft een lengte van ongeveer 9.4 km, gemeten langs de zuidoostelijke rand waar de turbines met de hoogste aanvaarkansen staan. Per km vaarweg is de kans dus 1.27×10^{-5} . Gezien de 'worst case' benaderingen mag geconcludeerd worden dat het overlijdensrisico geen echte rol speelt bij de keuze van de inrichtingsvariant.

Bij het gebruik van 6 MW turbines is het gemiddelde aantal doden per incident waarbij een dodelijk slachtoffer valt wel iets groter. Voor de varianten met 3.6 MW turbines is dit respectievelijk 4.52 en 4.38 onder scenario 1 en 2. Voor de varianten met 6.15 MW turbines is het aantal doden 4.92 en 4.76. Het verschil wordt veroorzaakt door het feit dat de 6.15 MW turbine groter is en dus een groter oppervlakte beslaat wanneer de turbine op het dek valt.

4.4 Effecten voor de scheepvaart

Vergeleken met de huidige situatie waarin windparken Belwind, Eldepasco en C-Power worden verondersteld aanwezig te zijn, zorgt de aanwezigheid van windpark North Sea Power niet voor veranderingen van verkeersstromen rond de windparken (zie Figuur 4-1 en Figuur 4-2). De kleine verschillen in verkeersstromen tussen scenario 1 en 2 worden

veroorzaakt door de windparken RENTEL en SEASTAR en kunnen dus niet worden toegerekend aan windpark North Sea Power. Effecten van de veranderde vaarroutes op de veiligheid, de economische kosten en de extra CO2 uitstoot door omvaren, zullen hier daarom niet beschouwd worden.

4.5 Het effect van het werkverkeer op het risico

Gedurende de bouwperiode varen dagelijks enkele schepen (maximaal vijf) van en naar het windpark. De meeste van deze vaarbewegingen worden uitgevoerd met normale snelheid en geven daardoor niet meer hinder voor de andere scheepvaart dan een normale scheepsbeweging. Het effect van deze scheepvaart op het totale risico in een gebied hangt af van de drukte in het gebied. Deze vaarbewegingen moeten gezien worden als normale bedrijvigheid. Het verhoogde risico is van tijdelijke aard.

Vermoedelijk zal Oostende de uitvalsbasis voor het windpark North Sea Power worden. Vanuit Oostende naar North Sea Power is het ongeveer 1.5 uur varen. Met vijf schepen zijn dit $5 \times 1.5 \text{ uur} \times 2 \text{ (heen + terug)} = 15$ extra vaaruren per dag. Tijdens de bouwperiode zijn dus gemiddeld $15/24 = 0.63$ extra schepen aanwezig (buiten het park). Op een totaal van 55 gemiddeld aanwezige schepen op de Belgische Noordzee is dit een verhoging van 1.1%. Het aantal van 55 schepen is opgebouwd uit 29 routegebonden schepen, bepaald uit de verkeersdatabase, en 26 niet-routegebonden schepen, uitgaande van dezelfde verhouding tussen routegebonden en niet-routegebonden schepen als in het Nederlandse deel van de Noordzee. Gedurende de bouwperiode is de kans op een aanvaring tussen schepen door de verhoogde verkeersintensiteit daarom 2.3% hoger² dan normaal. In de praktijk zal dit minder zijn omdat de schepen de meeste tijd in relatief stille gebieden varen.

De kans op een ander type scheepsongeval neemt in deze periode toe met 1.1%.

4.6 Het cumulatieve effect

Het cumulatieve effect is in deze studie geen afzonderlijk onderwerp, omdat, in afwijking tot voorafgaande studies, het cumulatieve effect impliciet is ondergebracht in de risicoberekeningen. In de scenario's en configuraties voor North Sea Power zijn de nabij gelegen geplande en in aanbouw zijnde windparken als volledig gerealiseerd beschouwd.

4.7 Radardekking van de Belgische havens

Windpark North Sea Power valt buiten de radardekking naar een Belgische haven.

4.8 Kruisende scheepvaart

Het ontmoetingspunt voor kruisende en in en uitvoegend verkeer ligt op een afstand van drie mijl ten zuiden van de zuidpunt van het windpark North Sea Power. De schepen die elkaar daar ontmoeten hebben elkaar ruim van te voren goed in zicht. De extra kans op een aanvaring tussen twee kruisende schepen door de aanwezigheid van het windpark North Sea Power is daarom verwaarloosbaar klein.

² Het aantal aanvaringen tussen schepen neemt kwadratisch met de intensiteit toe.

5 MAATREGELEN

5.1 Gebruik van AIS

Sinds 1 januari 2005 hebben alle schepen boven 300 GT (ongeveer 55 m) een AIS-transponder (Automatic Identification System), die de positie van het schip continu uitzendt. In de buurt varende schepen kunnen deze signalen ontvangen en hiermee is de positie, koers en snelheid van het andere schip bekend.

AIS, mits geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug, biedt dan ook extra mogelijkheden om het kruisende schip vroegtijdig te zien. Te meer daar AIS niet verstoord wordt door het windpark. De verwachting is dat AIS, vooral wanneer AIS wordt geïntegreerd in de navigatiehulpmiddelen op de scheepsbrug de veiligheid op zee zal bevorderen. De verwachting is dat daardoor de kans dat een schip tegen een windturbine aanvaart (rammen) zal afnemen met 20%. Deze reductie volgt uit het SAFESHIP-project en de harmonisatie van de aannamen ten behoeve van veiligheidsstudies voor windparken voor de Duitse autoriteiten [7].

Het is de verwachting dat in de toekomst steeds meer kleinere schepen, waaronder vissers, met een AIS-transponder gaan varen, waardoor het probleem van kruisende scheepvaart steeds minder groot wordt.

Door AIS zal de kans op een aandrijving niet veranderen. Een hele kleine (eerder theoretische) reductie wordt verwacht doordat een te hulp geroepen sleepboot de positie van de drifter beter kent en ook doordat men met de AIS-data sneller in staat is de dichtstbijzijnde sleepboot naar de drifter te sturen.

5.2 Inzet van een ETV (Emergency Towing Vessel)

Zoals uit de berekeningen volgt, geeft aandrijven het grootste risico. Een aandrijving, als gevolg van een storing in de voortstuwing, wordt voorkomen wanneer het schip voor anker kan gaan of de storing op tijd verholpen wordt. Met deze processen is in de berekening rekening gehouden.

Een derde mogelijkheid waardoor de storing niet tot een aandrijving leidt is wanneer de drifter vroegtijdig wordt opgevangen door een sleepboot. De Waker was een dergelijke sleepboot (ETV) van de Nederlandse overheid die naar een drifter werd gestuurd zodra er een melding binnenkwam bij de Kustwacht. Na de machinekamerbrand in september 2009 is de Waker uit de vaart genomen. Inmiddels is de opvolger van de Waker gecharterd. Een ETV kan dus een aandrijving voorkomen wanneer het schip de drifter kan bereiken voordat een windturbine wordt geraakt. De reductie van het aantal aandrijvingen hangt sterk af van de positie van de ETV op het moment van de melding. De thuishaven van de Waker was Den Helder en bij windkracht vanaf 5 Beaufort lag de Waker op wacht in het Texel verkeersscheidingsstelsel, omdat bij deze weersomstandigheden de kans op een drifter relatief groot is en ook de kans op een aandrijving omdat de driftsnelheid relatief groot is.

De plaats van De Waker bij het verkeersscheidingsstelsel was gebaseerd op het huidige gevaar van een drifter met het oog op de offshore olie- en gasplatforms. Wanneer er veel windparken gebouwd gaan worden zou de positie van De Waker bij slecht weer kunnen veranderen. Om deze reden is De Waker niet in de standaardberekening opgenomen.

België heeft geen ETV. Om inzicht te geven in het effect van de aanwezigheid van een dergelijke sleepboot, zijn er berekeningen uitgevoerd alsof België de beschikking heeft over een ETV. Als thuishaven is Oostende gekozen voor windkracht 0-4 Bft en is er

aangenomen dat dit schip buitengaats bij ankergebied Westhinder op wacht ligt vanaf windkracht 5 Bft. Een ETV reduceert alleen het aantal aandrijvingen.

Voor eerdere configuraties en scenario's van North Sea Power zijn berekeningen met en zonder ETV uitgevoerd (zie [8]). De veranderingen aan de configuraties en scenario's voor de huidige studie zijn niet zodanig dat hier significante veranderingen in zullen optreden voor de varianten. Er kan daarom van worden uitgegaan dat de ETV het aantal aandrijvingen ook hier met ongeveer 68% reduceert. Deze reductie is hoog in vergelijking met veel Nederlandse windparken. Dit komt omdat de positie waar de ETV buitengaats ligt bij windkracht vanaf 5 Bft, waarbij de meeste aandrijvingen verwacht worden, vrij dicht bij het windpark is gesitueerd.

5.3 Autonome ontwikkeling uitstroom van olie

Voor het bepalen van de kans op een uitstroom van olie is gebruik gemaakt van de schadematrix die is samengesteld uit het onderzoek uitgevoerd voor het Offshore Windpark Egmond aan Zee [3]. Dit is een 'worst-case' benadering. Wanneer nu de kans op een olie-uitstroom en de hoeveelheid uitstroom een belemmering zouden vormen voor het al dan niet bouwen van offshore windparken, dan verdient deze schadematrix verdere aandacht.

De volgende kanttekeningen kunnen bij deze modellering worden gemaakt:

- De uitstroom van ladingolie en bunkerolie kan optreden nadat een schip groter dan 1000 GT tegen een windturbine aandrijft en er een gat in de scheepshuid wordt aangenomen. In de praktijk zal de windturbine niet vol (centraal) geraakt worden maar met de voor- of achterkant van het schip, waardoor een deel van de botsingsenergie wordt omgezet in een rotatie van het schip.
- Het gebruik van een monopaal zonder uitsteeksels (een aanvaringsvriendelijke monopaal) zal minder vaak tot een gat in de scheepshuid leiden dan een jacket of een monopaal met een platform met andere attributen.
- Bij het bepalen van de uitstroom van ladingolie is uitgegaan van enkelwandige olietankers. De praktijk, autonome ontwikkeling, is dat deze enkelwandige olietankers bijna uitgefaseerd zijn op de Noordzee en zijn vervangen door dubbelwandige tankers. De kans dat er een gat in een ladingtank zal ontstaan bij een aandrijving van een windturbine is bij een dubbelwandige tanker kleiner. Dit betoog gaat niet op voor de kans op een uitstroom van bunkerolie omdat de meeste andere schepen niet dubbelwandig zijn uitgevoerd en de brandstoftank dus meestal enkelwandig is uitgevoerd. Dit betekent dat vooral de kans en hoeveelheid uitstroom van ladingolie minder zal zijn dan met het huidige model wordt berekend. De frequentie voor de uitstroom van bunkerolie zal niet veel afnemen.

In studies voor Duitse en Deense windparken wordt door de Germanischer Lloyd AG aangenomen dat iedere aandrijving en aanvaring leidt tot een gat in de scheepshuid met daaruit mogelijk een uitstroom. Det Norske Veritas veronderstelt alleen een mogelijke uitstroom na een aandrijving, maar laat niet iedere aandrijving tot een uitstroom leiden. Dit lijkt op de aanname zoals in de NSW-schadematrix (Tabel 3-1) is verwerkt, waarin iedere aandrijving van een schip boven 1000 GT tot een gat leidt, maar of dit vervolgens ook tot een uitstroom leidt hangt af van waar het schip wordt geraakt, of het een lading of ballasttank betreft en of het schip geladen is.

Door de technische universiteit Hamburg-Harburg zijn er ook berekeningen uitgevoerd waarbij is aangetoond dat er geen gat zal ontstaan in de ladingtank bij een dubbelwandig schip.

Conclusie

Gezien de ontbrekende praktijkgevallen blijft een conservatieve benadering van de olie-uitstroom gewenst. Wel mag geconcludeerd worden dat de uitstroom van ladingolie door de invoering van de dubbelwandige tankers bij aandrijvingen van windturbines beduidend minder kan zijn dan met de huidige worst case NSW-schadematrix wordt berekend.

6 CONCLUSIES

De windturbines aan de zuidoostelijke rand van het North Sea Power hebben een relatief hoge aanvaarkans vergeleken met de overige turbines. Deze turbines liggen het dichtst bij de route van en naar Maas West die langs het park loopt.

Tabel 6-1 vat de verschillende resultaten per variant samen. De verschillen worden voornamelijk bepaald door de configuratie; de keuze van de fundering heeft een duidelijk effect, maar het aantal turbines is het meest bepalend. Ondanks het gebruik van jacket funderingen hebben de varianten met 6 MW turbines per geleverde eenheid energie toch een lagere aanvaringskans. Het al dan niet aanwezig zijn van windparken RENTEL en SEASTAR heeft voor North Sea Power nauwelijks effect.

De kans op aanvaring door routegebonden schepen is voor North Sea Power relatief hoog in vergelijking met de andere parken in de omgeving. De totale aanvaar- en aandrijfkans van North Sea Power varieert van 32.4% tot 38.7% van de totale aanvaar- en aandrijfkans van alle windparken in de scenario's.

Variant North Sea Power	Energie opbrengst [MWh/jaar]	Aantal turbines	Aantal aanvaringen (rammen) per jaar		Aantal aandrijvingen (driften) per jaar		Totaal aantal per jaar	Totaal per MWh	Aandeel in aan- varingen scenario
			R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen			
NSP_sc1_conf1	949234	86	0.02924	0.00733	0.03963	0.00463	0.08084	8.52E-08	35.6%
NSP_sc1_conf2	1395337	74	0.03523	0.01604	0.03563	0.00537	0.09228	6.61E-08	38.7%
NSP_sc2_conf1	949234	86	0.03069	0.00729	0.04034	0.00463	0.08295	8.74E-08	32.4%
NSP_sc2_conf2	1395337	74	0.03700	0.01593	0.03628	0.00537	0.09458	6.78E-08	35.4%

Tabel 6-1 *Verwachte aantal aanvaringen/aandrijvingen per jaar voor de beschouwde inrichtingsvarianten*

De kans op persoonlijk letsel bij een aanvaring en aandrijving is bijzonder klein. Er wordt dan ook ruimschoots aan de criteria voor het extern risico, zowel het individueel als het groepsrisico, voldaan.

De uitstroom van bunkerolie en ladingolie als gevolg van een aanvaring met een North Sea Power turbine in variant NSP_sc2_conf1 is $(0.002191 + 0.000458) / (0.023553 + 0.008280) \approx 8.3\%$ van de uitstroom op de Belgische Noordzee zonder windparken. Voor de overige varianten is dit lager.

De gemodelleerde uitstroom van olie is een worst case benadering. Doordat het percentage tankers met een dubbele huid toeneemt, zal de kans op een uitstroom van olie na een aandrijving met een windturbine afnemen.

Een sleepboot (ETV) kan een deel van de aandrijvingen voorkomen. Bij positionering van de ETV bij ankergebied Westhinder bij windkracht vanaf 5 Bft, kan ongeveer 68% van het aantal aandrijvingen worden voorkomen.

De configuratie met 47 windturbines van 10 MW op een jacket fundering is niet beschouwd omdat deze configuratie een aanzienlijk lager risico zal opleveren dan configuratie 2. Het aantal turbines, de factor die het meest bepalend is voor het risico, is met 47 veel kleiner dan de 74 windturbines van 6 MW bij configuratie 2. Er is wel een hoger risico per windturbine door de grotere afmeting, maar dit blijft beperkt.

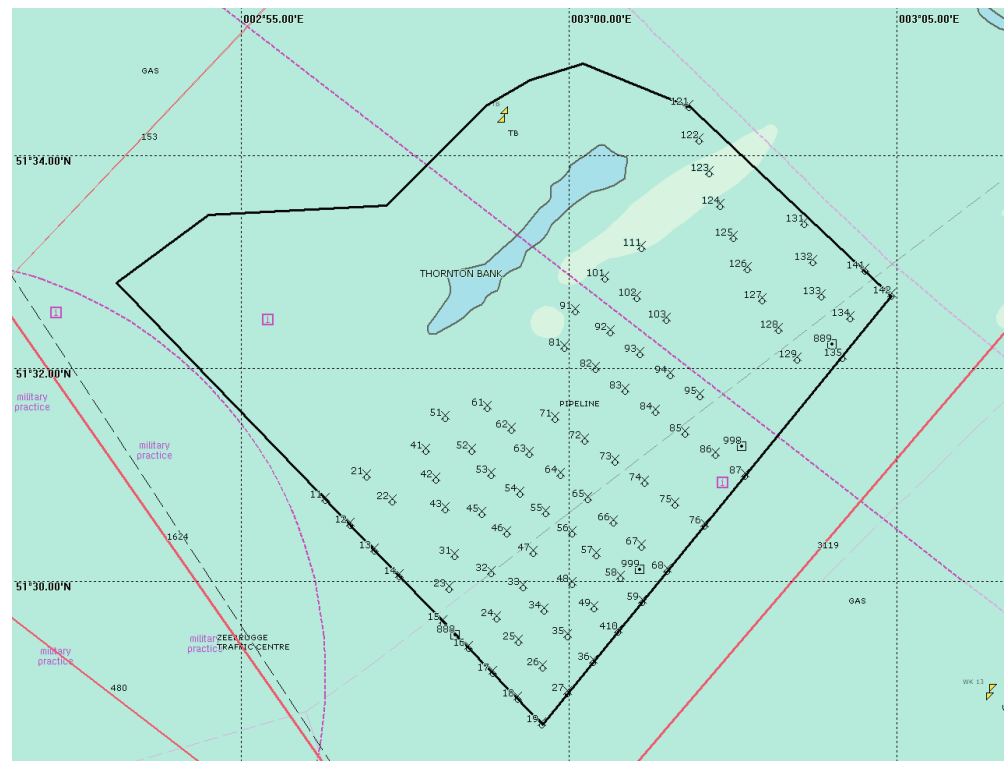
Een configuratie met 86 GE 4.1 MW turbines is ook niet doorgerekend, omdat de turbines in deze configuratie op dezelfde posities staan als de 3.6 MW turbines voor configuratie 1. Gezien het hogere vermogen zal deze configuratie altijd gunstiger zijn dan configuratie 1, zeker als ook de afmetingen van de turbines hetzelfde (of kleiner) zijn.

REFERENTIES

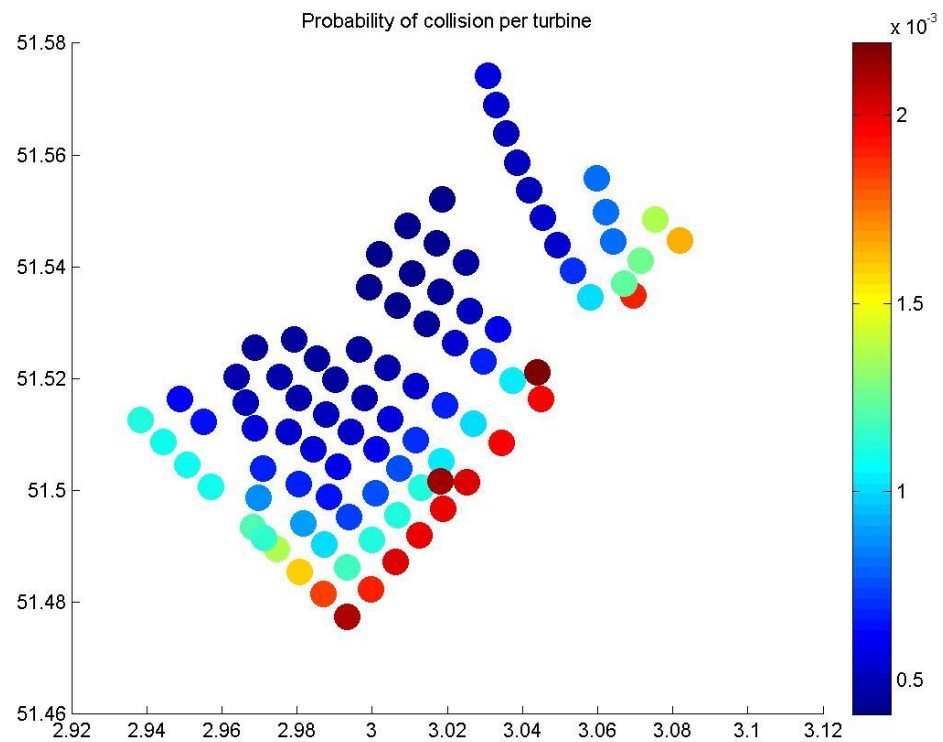
- [1] C. van der Tak, J.H. de Jong
Safety Management Assessment Ranking Tool (SMART)
8th International Symposium on Vessel Traffic Services 1996
- [2] W.E. Walker, M. Pöyhönen, C. van der Tak, J.H. de Jong
POLSSS - Policy for Sea Shipping Safety, Executive Summary
RAND Europe and MARIN, December 1998
- [3] J. Barentse
Nadere toelichting: Gevolgen van aanvaringen door de windturbine-installatie
Jacobs Comprimo Nederland, juli 2000
- [4] C. van der Tak
Effecten van ruimteclaims in de Noordzee op de scheepvaart
MARIN, nr 16498.620/2, november 2001
- [5] Y. Koldenhof, C. van der Tak
Risico vervoer (milieu)gevaarlijke stoffen op zee
MARIN, juli 2004
- [6] Kamerstuk 24611; vergaderjaar 1995-1996
Risico-normering vervoer gevaarlijke stoffen
- [7] Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Abschlussberichts der Unterarbeitsgruppe "Parameter für Risikoanalysen"
BSH 2005
- [8] W.H. van Iperen
Veiligheidsstudie Offshore Windpark "North Sea Power"
MARIN, NR 23307.620/1, 18 augustus 2010

APPENDIX A1:

Resultaten windpark North Sea Power onder scenario 1 in configuratie 1



Figuur A1-1 Lay-out Windpark North Sea Power configuratie 1 in scenario 1



Figuur A1-2 Grafische weergave van de aanvaar- en aandrijfkans per turbine

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
011.NSP_S120	5130.8	256.3	0.000304	0.000315	0.000446	0.000057	0.001121	892
012.NSP_S120	5130.5	256.7	0.000284	0.000312	0.000450	0.000058	0.001104	906
013.NSP_S120	5130.3	257.1	0.000283	0.000291	0.000447	0.000058	0.001079	926
014.NSP_S120	5130.0	257.4	0.000295	0.000275	0.000454	0.000057	0.001081	925
015.NSP_S120	5129.6	258.1	0.000426	0.000243	0.000481	0.000057	0.001206	829
016.NSP_S120	5129.4	258.5	0.000575	0.000223	0.000519	0.000057	0.001375	728
017.NSP_S120	5129.1	258.9	0.000778	0.000208	0.000544	0.000056	0.001586	630
018.NSP_S120	5128.9	259.2	0.001010	0.000207	0.000578	0.000056	0.001852	540
019.NSP_S120	5128.6	259.6	0.001214	0.000203	0.000616	0.000057	0.002089	479
021.NSP_S120	5131.0	256.9	0.000090	0.000072	0.000411	0.000052	0.000625	1600
022.NSP_S120	5130.7	257.3	0.000093	0.000069	0.000423	0.000052	0.000637	1571
023.NSP_S120	5129.9	258.2	0.000229	0.000110	0.000461	0.000054	0.000855	1170
024.NSP_S120	5129.6	258.9	0.000283	0.000067	0.000484	0.000053	0.000886	1128
025.NSP_S120	5129.4	259.2	0.000364	0.000064	0.000525	0.000052	0.001005	995
026.NSP_S120	5129.2	259.6	0.000485	0.000072	0.000557	0.000053	0.001166	858
027.NSP_S120	5128.9	300.0	0.001048	0.000204	0.000585	0.000057	0.001894	528
031.NSP_S120	5130.2	258.3	0.000128	0.000049	0.000445	0.000052	0.000674	1484
032.NSP_S120	5130.1	258.8	0.000130	0.000030	0.000451	0.000050	0.000661	1513
033.NSP_S120	5129.9	259.3	0.000134	0.000019	0.000456	0.000048	0.000656	1524
034.NSP_S120	5129.7	259.6	0.000186	0.000024	0.000484	0.000048	0.000742	1348
035.NSP_S120	5129.5	300.0	0.000452	0.000072	0.000541	0.000054	0.001118	894
036.NSP_S120	5129.2	300.4	0.001168	0.000204	0.000570	0.000058	0.001999	500
041.NSP_S120	5131.2	257.8	0.000032	0.000010	0.000388	0.000047	0.000477	2095
042.NSP_S120	5130.9	258.0	0.000044	0.000015	0.000406	0.000048	0.000514	1946
043.NSP_S120	5130.7	258.1	0.000064	0.000023	0.000422	0.000049	0.000558	1792
045.NSP_S120	5130.6	258.7	0.000059	0.000011	0.000426	0.000047	0.000543	1840
046.NSP_S120	5130.4	259.0	0.000074	0.000009	0.000435	0.000046	0.000565	1771
047.NSP_S120	5130.3	259.5	0.000084	0.000007	0.000446	0.000045	0.000581	1720
048.NSP_S120	5130.0	300.1	0.000221	0.000026	0.000465	0.000049	0.000761	1315
049.NSP_S120	5129.7	300.4	0.000463	0.000077	0.000530	0.000053	0.001124	890
051.NSP_S120	5131.5	258.1	0.000020	0.000003	0.000382	0.000045	0.000451	2219
052.NSP_S120	5131.2	258.5	0.000028	0.000004	0.000390	0.000045	0.000466	2144
053.NSP_S120	5131.0	258.8	0.000036	0.000004	0.000402	0.000044	0.000486	2057
054.NSP_S120	5130.8	259.3	0.000041	0.000003	0.000417	0.000043	0.000503	1987
055.NSP_S120	5130.6	259.6	0.000058	0.000004	0.000422	0.000043	0.000527	1898
056.NSP_S120	5130.4	300.1	0.000102	0.000009	0.000440	0.000045	0.000596	1679
057.NSP_S120	5130.2	300.4	0.000226	0.000027	0.000466	0.000049	0.000768	1303
058.NSP_S120	5130.0	300.8	0.000470	0.000078	0.000525	0.000053	0.001126	888
059.NSP_S120	5129.8	301.1	0.001155	0.000205	0.000563	0.000057	0.001980	505
061.NSP_S120	5131.6	258.7	0.000015	0.000001	0.000385	0.000041	0.000441	2265
062.NSP_S120	5131.4	259.1	0.000016	0.000001	0.000389	0.000040	0.000446	2241
063.NSP_S120	5131.2	259.4	0.000023	0.000001	0.000399	0.000040	0.000463	2162
064.NSP_S120	5131.0	259.9	0.000044	0.000002	0.000401	0.000042	0.000489	2044
065.NSP_S120	5130.8	300.3	0.000084	0.000006	0.000415	0.000044	0.000549	1822
066.NSP_S120	5130.5	300.7	0.000186	0.000020	0.000440	0.000047	0.000694	1441
067.NSP_S120	5130.3	301.1	0.000434	0.000070	0.000484	0.000053	0.001042	960
068.NSP_S120	5130.1	301.5	0.001181	0.000205	0.000559	0.000059	0.002004	499
071.NSP_S120	5131.5	259.8	0.000018	0.000001	0.000390	0.000039	0.000447	2236
072.NSP_S120	5131.3	300.2	0.000039	0.000002	0.000388	0.000042	0.000471	2122
073.NSP_S120	5131.1	300.7	0.000092	0.000005	0.000396	0.000044	0.000537	1861
074.NSP_S120	5130.9	301.1	0.000180	0.000019	0.000416	0.000051	0.000666	1502
075.NSP_S120	5130.7	301.6	0.000421	0.000069	0.000457	0.000055	0.001003	998
076.NSP_S120	5130.5	302.1	0.001180	0.000200	0.000520	0.000059	0.001959	510
081.NSP_S120	5132.2	259.9	0.000010	0.000000	0.000376	0.000037	0.000423	2364
082.NSP_S120	5132.0	300.4	0.000017	0.000001	0.000376	0.000039	0.000432	2312
083.NSP_S120	5131.8	300.8	0.000031	0.000002	0.000378	0.000041	0.000452	2214
084.NSP_S120	5131.6	301.3	0.000093	0.000005	0.000385	0.000048	0.000531	1883
085.NSP_S120	5131.4	301.8	0.000183	0.000019	0.000407	0.000051	0.000661	1514
086.NSP_S120	5131.2	302.2	0.000464	0.000070	0.000434	0.000056	0.001024	977
087.NSP_S120	5131.0	302.7	0.001181	0.000204	0.000499	0.000061	0.001945	514
091.NSP_S120	5132.5	300.1	0.000008	0.000000	0.000366	0.000037	0.000411	2436

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
092.NSP_S120	5132.3	300.7	0.000014	0.000000	0.000371	0.000038	0.000423	2363
093.NSP_S120	5132.1	301.1	0.000027	0.000001	0.000370	0.000040	0.000438	2285
094.NSP_S120	5131.9	301.6	0.000073	0.000003	0.000376	0.000047	0.000499	2004
095.NSP_S120	5131.7	302.0	0.000145	0.000013	0.000395	0.000050	0.000602	1660
101.NSP_S120	5132.8	300.5	0.000011	0.000000	0.000358	0.000039	0.000408	2451
102.NSP_S120	5132.7	301.0	0.000016	0.000000	0.000367	0.000038	0.000422	2370
103.NSP_S120	5132.5	301.5	0.000031	0.000001	0.000366	0.000044	0.000443	2260
111.NSP_S120	5133.1	301.1	0.000020	0.000002	0.000354	0.000047	0.000422	2368
121.NSP_S120	5134.5	301.9	0.000011	0.000148	0.000349	0.000061	0.000569	1757
122.NSP_S120	5134.1	302.0	0.000017	0.000086	0.000360	0.000059	0.000522	1915
123.NSP_S120	5133.8	302.2	0.000032	0.000051	0.000362	0.000056	0.000501	1997
124.NSP_S120	5133.5	302.3	0.000054	0.000030	0.000363	0.000055	0.000502	1992
125.NSP_S120	5133.2	302.5	0.000076	0.000018	0.000360	0.000053	0.000507	1972
126.NSP_S120	5132.9	302.7	0.000098	0.000013	0.000367	0.000052	0.000529	1889
127.NSP_S120	5132.6	302.9	0.000102	0.000009	0.000372	0.000050	0.000534	1874
128.NSP_S120	5132.4	303.2	0.000225	0.000025	0.000399	0.000053	0.000702	1424
129.NSP_S120	5132.1	303.5	0.000460	0.000076	0.000421	0.000057	0.001014	986
131.NSP_S120	5133.4	303.6	0.000256	0.000110	0.000396	0.000059	0.000821	1218
132.NSP_S120	5133.0	303.7	0.000292	0.000060	0.000396	0.000056	0.000804	1244
133.NSP_S120	5132.7	303.8	0.000308	0.000037	0.000401	0.000054	0.000799	1252
134.NSP_S120	5132.5	304.3	0.000643	0.000108	0.000439	0.000058	0.001247	802
135.NSP_S120	5132.1	304.2	0.001174	0.000210	0.000467	0.000061	0.001912	523
141.NSP_S120	5132.9	304.5	0.000740	0.000122	0.000447	0.000059	0.001368	731
142.NSP_S120	5132.7	304.9	0.000985	0.000140	0.000466	0.000058	0.001650	606
410.NSP_S120	5129.5	300.8	0.001154	0.000205	0.000558	0.000057	0.001974	507
888.NSP_WMM1	5129.5	258.3	0.000446	0.000171	0.000483	0.000052	0.001151	869
889.NSP_WMM2	5132.2	304.0	0.000642	0.000089	0.000436	0.000054	0.001220	820
998.NSP_OHVS1	5131.3	302.6	0.001155	0.000428	0.000513	0.000098	0.002194	456
999.NSP_OHVS2	5130.1	301.1	0.001005	0.000430	0.000609	0.000093	0.002137	468
Totaal per jaar			0.029249	0.007333	0.039628	0.004629	0.080839	12
Dit is eens in .. jaar			34	136	25	216	12	

Tabel A1-1

Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant NSP_sc1_conf1

Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
Routegebonden	0.029244	34	0.039627	25	0.068871	15
Niet-routegebonden	0.007333	136	0.004630	216	0.011963	84
Totaal	0.036577	27	0.044257	23	0.080834	12

Tabel A1-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant NSP_sc1_conf1

Windpark	Rammen		Driften		Totaal
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
North Sea Power	66.7%	22.0%	29.7%	28.0%	35.6%
Belwind	16.4%	34.8%	36.6%	31.2%	32.0%
Eldepasco	5.0%	30.9%	18.5%	23.3%	18.1%
C-Power	11.9%	12.3%	15.2%	17.5%	14.3%
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Tabel A1-3 Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken in het scenario

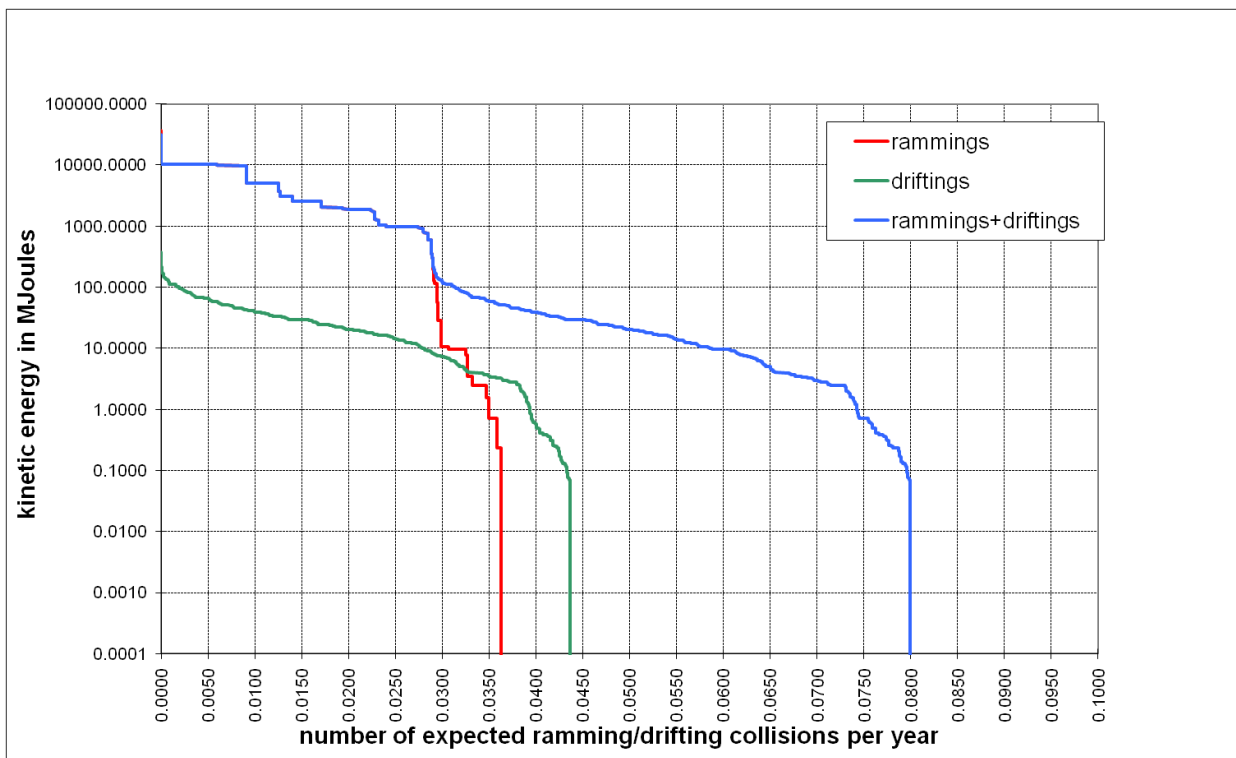
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ³	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000001	0.002108	0.000016	0.002125
Chemicaliën tanker	0.000001	0.004227	0.000013	0.004241
Gastanker	0.000003	0.001241	0.000051	0.001295
Container+ RoRo	0.002633	0.020371	0.023929	0.046933
Ferry	0.000026	0.000155	0.000365	0.000546
Overige R-schepen	0.000224	0.010877	0.002634	0.013735
N-schepen	0.000015	0.000024	0.011923	0.011962
Totaal	0.002903	0.039003	0.038931	0.080837

Tabel A1-4 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	frontaal		Schampen							
	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
Geen	0.000000	0.000650	0.000000	0.006342	0.001492	0.004606	0.001492	0.011598	0.013090	76
Scheef	0.000000	0.000055	0.000012	0.000022	0.012169	0.000024	0.012181	0.000101	0.012281	81
Omvalen	0.002632	0.000026	0.023715	0.000224	0.025967	0.000000	0.052315	0.000250	0.052565	19
GosMos ¹	0.000292	0.000003	0.002596	0.000012	0.000000	0.000000	0.002889	0.000015	0.002903	344
Totaal	0.002925	0.000733	0.026323	0.006600	0.039628	0.004630	0.068876	0.011963	0.080839	12

Tabel A1-5 Schade aan het totale windpark

³ Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



Figuur A1-3 *Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)*

Kinetische energie in MJ	Rammen			Driften			Totaal		
	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal
<1	0.0%	2.0%	2.0%	0.4%	5.7%	6.1%	0.4%	7.7%	8.1%
1-3	0.0%	2.2%	2.2%	3.5%	0.1%	3.5%	3.5%	2.2%	5.7%
3-5	0.0%	0.6%	0.6%	5.2%	0.0%	5.2%	5.2%	0.6%	5.8%
5-10	0.0%	2.5%	2.5%	5.4%	0.0%	5.4%	5.4%	2.5%	7.9%
10-15	0.0%	1.0%	1.0%	3.9%	0.0%	3.9%	3.9%	1.0%	4.9%
15-50	0.0%	0.4%	0.4%	21.4%	0.0%	21.4%	21.4%	0.4%	21.8%
50-100	0.0%	0.0%	0.0%	6.9%	0.0%	6.9%	6.9%	0.0%	7.0%
100-200	0.2%	0.3%	0.6%	2.2%	0.0%	2.2%	2.5%	0.3%	2.8%
>200	35.9%	0.0%	35.9%	0.1%	0.0%	0.1%	36.0%	0.0%	36.0%
Totaal	36.2%	9.1%	45.2%	49.0%	5.7%	54.8%	85.2%	14.8%	100.0%

Tabel A1-6 *Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines*

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Windpark North Sea Power, scenario 1, configuratie 1		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000004	236869	0.000
20-150	0.000432	2317	0.037
150-750	0.001137	880	0.485
750-3000	0.000561	1782	0.803
3000-10000	0.000022	46327	0.079
Totaal	0.002155	464	1.404

Tabel A1-7 **Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine**

Uitstroom van ladingolie in m ³	Windpark North Sea Power, scenario 1, configuratie 1		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000043	23099	0.022
750-3000	0.000079	12612	0.183
3000-10000	0.000271	3685	1.712
10000-30000	0.000031	32233	0.481
30000-100000	0.000001	1399871	0.022
Totaal	0.000426	2349	2.420

Tabel A1-8 **Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine**

Windpark North Sea Power scenario 1 configuratie 1	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Verkeer 2008	0.002155	464	1.404	0.000426	2349	2.420	387

Tabel A1-9 **Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine**

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2008
Zeer hoog ecologisch risico	0.000088
Hoog ecologisch risico	0.000015
Gemiddeld ecologische risico	0.000016
Gering ecologisch risico	0.000166
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000052
Totaal	0.000337
Eens in de ... jaar	2964

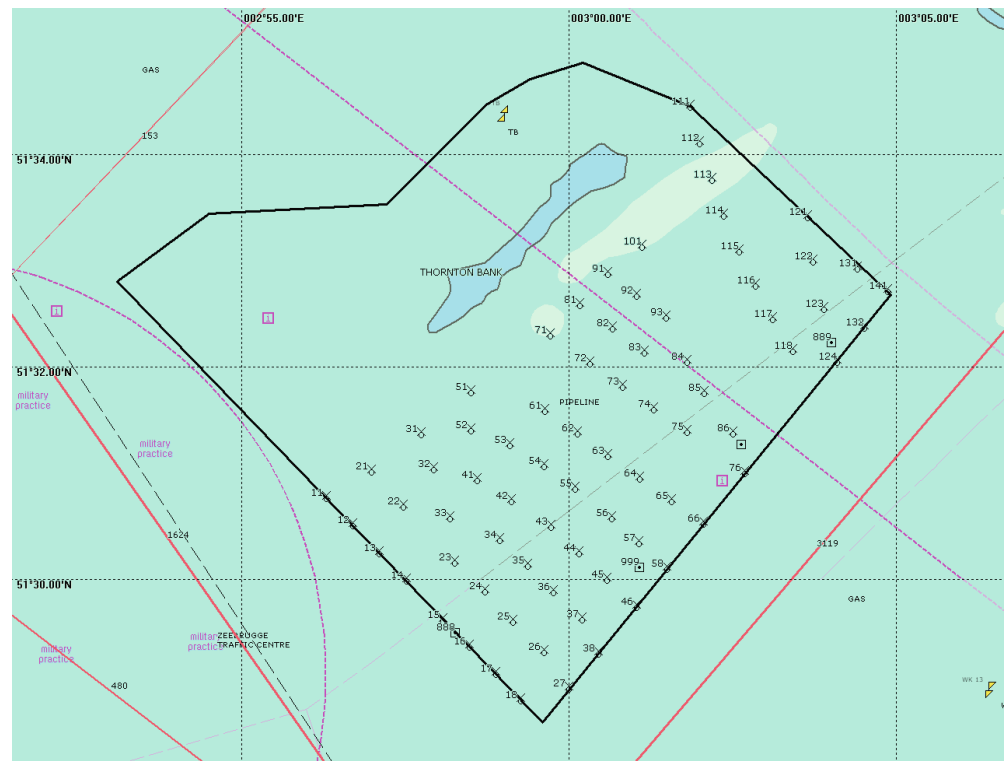
Tabel A1-10 *Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000000	0.000001	892857	0.84	0.000001	
Chemicaliën tanker	0.000000	0.000001	1351351	0.96	0.000001	1351351
Gastanker	0.000001	0.000003	298507	0.88	0.000003	298507
Container + RoRo	0.000266	0.002367	380	4.48	0.011785	
Ferry	0.000003	0.000023	38256	41.39	0.001082	38256
Overige R-schepen	0.000023	0.000201	4458	1.14	0.000255	
N-schepen	0.000003	0.000012	68799	0.18	0.000003	
Totaal	0.000295	0.002608	344	4.52	0.013130	33080

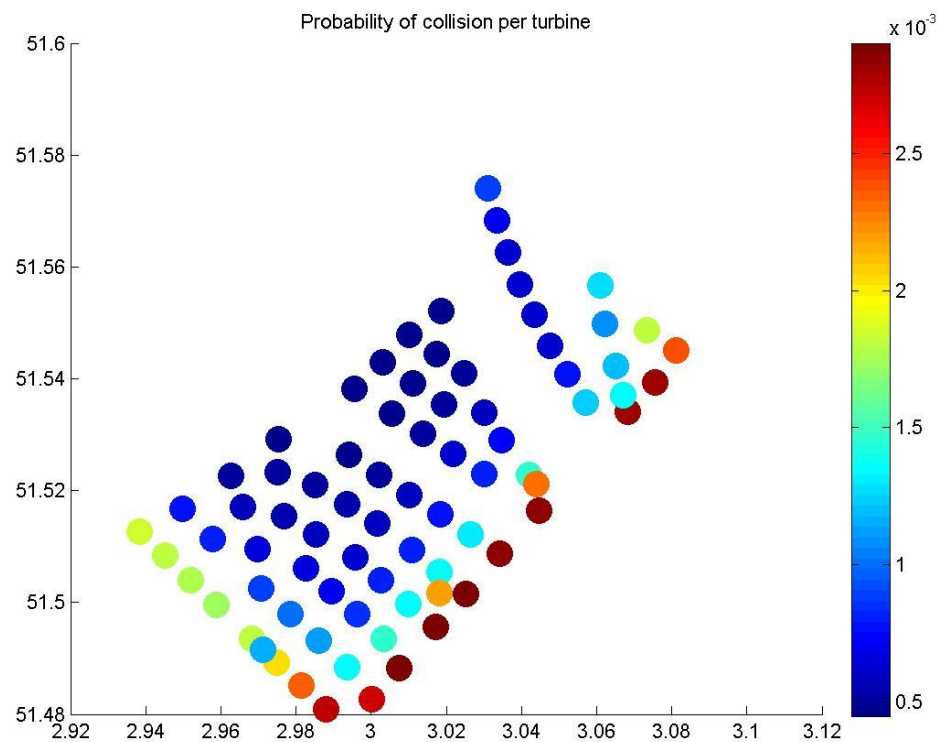
Tabel A1-11 *Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt*

APPENDIX A2:

Resultaten windpark North Sea Power onder scenario 1 in configuratie 2



Figuur A2-1 Lay-out Windpark North Sea Power configuratie 2 in scenario 1



Figuur A2-2 Grafische weergave van de aanvaar- en aandrijfkans per turbine

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB gmm.m	OL gmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
011.NSP_RE6MW	5130.8	256.3	0.000445	0.000845	0.000475	0.000077	0.001841	543
012.NSP_RE6MW	5130.5	256.7	0.000414	0.000834	0.000478	0.000077	0.001803	555
013.NSP_RE6MW	5130.2	257.1	0.000410	0.000792	0.000476	0.000076	0.001754	570
014.NSP_RE6MW	5130.0	257.5	0.000446	0.000739	0.000485	0.000076	0.001746	573
015.NSP_RE6MW	5129.6	258.1	0.000610	0.000630	0.000510	0.000077	0.001827	547
016.NSP_RE6MW	5129.4	258.5	0.000836	0.000576	0.000550	0.000076	0.002038	491
017.NSP_RE6MW	5129.1	258.9	0.001138	0.000558	0.000578	0.000076	0.002351	425
018.NSP_RE6MW	5128.9	259.3	0.001493	0.000548	0.000616	0.000076	0.002733	366
021.NSP_RE6MW	5131.0	257.0	0.000116	0.000165	0.000434	0.000068	0.000784	1276
022.NSP_RE6MW	5130.7	257.5	0.000128	0.000156	0.000451	0.000068	0.000803	1245
023.NSP_RE6MW	5130.1	258.3	0.000207	0.000150	0.000474	0.000066	0.000897	1115
024.NSP_RE6MW	5129.9	258.7	0.000303	0.000128	0.000489	0.000066	0.000986	1014
025.NSP_RE6MW	5129.6	259.2	0.000401	0.000124	0.000535	0.000068	0.001129	886
026.NSP_RE6MW	5129.3	259.6	0.000577	0.000157	0.000563	0.000070	0.001367	731
027.NSP_RE6MW	5129.0	300.0	0.001475	0.000536	0.000616	0.000077	0.002705	370
031.NSP_RE6MW	5131.4	257.8	0.000037	0.000016	0.000409	0.000061	0.000522	1914
032.NSP_RE6MW	5131.0	258.0	0.000058	0.000026	0.000423	0.000062	0.000569	1758
033.NSP_RE6MW	5130.6	258.2	0.000104	0.000053	0.000456	0.000064	0.000677	1477
034.NSP_RE6MW	5130.4	259.0	0.000112	0.000023	0.000465	0.000060	0.000660	1516
035.NSP_RE6MW	5130.1	259.3	0.000147	0.000021	0.000469	0.000061	0.000698	1433
036.NSP_RE6MW	5129.9	259.8	0.000234	0.000052	0.000487	0.000063	0.000836	1196
037.NSP_RE6MW	5129.6	300.2	0.000638	0.000198	0.000557	0.000072	0.001465	682
038.NSP_RE6MW	5129.3	300.5	0.001663	0.000544	0.000594	0.000078	0.002879	347
041.NSP_RE6MW	5130.9	258.6	0.000059	0.000011	0.000426	0.000061	0.000556	1798
042.NSP_RE6MW	5130.7	259.1	0.000066	0.000007	0.000440	0.000059	0.000572	1747
043.NSP_RE6MW	5130.5	259.8	0.000103	0.000011	0.000453	0.000060	0.000628	1593
044.NSP_RE6MW	5130.2	300.2	0.000226	0.000043	0.000478	0.000063	0.000809	1235
045.NSP_RE6MW	5130.0	300.6	0.000561	0.000172	0.000540	0.000070	0.001343	745
046.NSP_RE6MW	5129.7	301.0	0.001650	0.000548	0.000591	0.000078	0.002867	349
051.NSP_RE6MW	5131.8	258.5	0.000018	0.000002	0.000404	0.000057	0.000481	2081
052.NSP_RE6MW	5131.4	258.5	0.000030	0.000004	0.000411	0.000058	0.000503	1990
053.NSP_RE6MW	5131.3	259.1	0.000033	0.000002	0.000414	0.000057	0.000507	1974
054.NSP_RE6MW	5131.1	259.6	0.000047	0.000003	0.000424	0.000058	0.000531	1884
055.NSP_RE6MW	5130.8	300.1	0.000089	0.000009	0.000424	0.000061	0.000583	1715
056.NSP_RE6MW	5130.6	300.7	0.000245	0.000048	0.000457	0.000065	0.000816	1226
057.NSP_RE6MW	5130.3	301.1	0.000596	0.000182	0.000504	0.000071	0.001353	739
058.NSP_RE6MW	5130.1	301.5	0.001686	0.000549	0.000589	0.000079	0.002902	345
061.NSP_RE6MW	5131.6	259.6	0.000021	0.000001	0.000407	0.000056	0.000485	2063
062.NSP_RE6MW	5131.4	300.1	0.000047	0.000004	0.000409	0.000060	0.000519	1927
063.NSP_RE6MW	5131.2	300.6	0.000112	0.000012	0.000410	0.000063	0.000597	1676
064.NSP_RE6MW	5130.9	301.1	0.000234	0.000045	0.000431	0.000067	0.000777	1287
065.NSP_RE6MW	5130.7	301.6	0.000572	0.000176	0.000474	0.000073	0.001295	772
066.NSP_RE6MW	5130.5	302.0	0.001684	0.000548	0.000545	0.000080	0.002857	350
071.NSP_RE6MW	5132.3	259.7	0.000010	0.000000	0.000387	0.000051	0.000448	2231
072.NSP_RE6MW	5132.0	300.3	0.000022	0.000001	0.000394	0.000057	0.000475	2107
073.NSP_RE6MW	5131.8	300.8	0.000041	0.000005	0.000394	0.000062	0.000502	1993
074.NSP_RE6MW	5131.6	301.3	0.000129	0.000016	0.000401	0.000065	0.000612	1635
075.NSP_RE6MW	5131.4	301.8	0.000270	0.000061	0.000426	0.000070	0.000827	1210
076.NSP_RE6MW	5131.0	302.7	0.001687	0.000537	0.000523	0.000082	0.002830	353
081.NSP_RE6MW	5132.6	300.2	0.000012	0.000000	0.000386	0.000056	0.000453	2205
082.NSP_RE6MW	5132.4	300.7	0.000020	0.000001	0.000388	0.000058	0.000467	2140
083.NSP_RE6MW	5132.1	301.1	0.000046	0.000004	0.000387	0.000062	0.000499	2003
084.NSP_RE6MW	5132.0	301.8	0.000113	0.000015	0.000393	0.000066	0.000587	1704
085.NSP_RE6MW	5131.7	302.1	0.000217	0.000045	0.000414	0.000069	0.000745	1342
086.NSP_RE6MW	5131.4	302.5	0.000718	0.000208	0.000459	0.000076	0.001461	684
091.NSP_RE6MW	5132.9	300.6	0.000015	0.000002	0.000372	0.000060	0.000449	2229
092.NSP_RE6MW	5132.7	301.0	0.000021	0.000002	0.000384	0.000061	0.000469	2132
093.NSP_RE6MW	5132.5	301.5	0.000041	0.000004	0.000383	0.000063	0.000491	2038
101.NSP_RE6MW	5133.1	301.1	0.000027	0.000006	0.000371	0.000061	0.000466	2147
111.NSP_RE6MW	5134.4	301.9	0.000015	0.000014	0.000367	0.000082	0.000878	1138
112.NSP_RE6MW	5134.1	302.0	0.000025	0.000227	0.000380	0.000078	0.000710	1408
113.NSP_RE6MW	5133.8	302.2	0.000050	0.000126	0.000383	0.000074	0.000633	1580

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
114.NSP_RE6MW	5133.4	302.4	0.000085	0.000077	0.000381	0.000073	0.000615	1626
115.NSP_RE6MW	5133.1	302.6	0.000129	0.000049	0.000380	0.000072	0.000630	1588
116.NSP_RE6MW	5132.8	302.9	0.000130	0.000032	0.000386	0.000069	0.000617	1621
117.NSP_RE6MW	5132.4	303.1	0.000244	0.000053	0.000410	0.000072	0.000779	1284
118.NSP_RE6MW	5132.1	303.4	0.000565	0.000169	0.000433	0.000075	0.001242	805
121.NSP_RE6MW	5133.4	303.7	0.000388	0.000388	0.000424	0.000081	0.001280	781
122.NSP_RE6MW	5133.0	303.7	0.000412	0.000178	0.000416	0.000075	0.001082	925
123.NSP_RE6MW	5132.5	303.9	0.000553	0.000146	0.000428	0.000075	0.001202	832
124.NSP_RE6MW	5132.0	304.1	0.001677	0.000557	0.000491	0.000082	0.002807	356
131.NSP_RE6MW	5132.9	304.4	0.000930	0.000350	0.000455	0.000079	0.001814	551
132.NSP_RE6MW	5132.4	304.5	0.001686	0.000531	0.000495	0.000082	0.002794	358
141.NSP_RE6MW	5132.7	304.9	0.001388	0.000417	0.000489	0.000080	0.002374	421
888.NSP_WMM1	5129.5	258.3	0.000446	0.000171	0.000483	0.000052	0.001151	869
889.NSP_WMM2	5132.2	304.0	0.000760	0.000100	0.000438	0.000054	0.001352	740
998.NSP_OHVS1	5131.3	302.6	0.001224	0.000461	0.000516	0.000099	0.002299	435
999.NSP_OHVS2	5130.1	301.1	0.001066	0.000442	0.000607	0.000093	0.002208	453
Totaal per jaar			0.035234	0.016044	0.035640	0.005376	0.092294	11
Dit is eens in .. jaar			28	62	28	186	11	

Tabel A2-1

Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant NSP_sc1_conf2

Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
Routegebonden	0.035232	28	0.035634	28	0.070866	14
Niet-routegebonden	0.016043	62	0.005377	186	0.021420	47
Totaal	0.051275	20	0.041011	24	0.092286	11

Tabel A2-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant NSP_sc1_conf2

Windpark	Rammen		Driften		Totaal
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
North Sea Power	70.7%	38.1%	27.6%	31.1%	38.7%
Belwind	14.4%	27.6%	37.7%	29.9%	30.5%
Eldepasco	4.4%	24.5%	19.1%	22.3%	17.2%
C-Power	10.5%	9.7%	15.7%	16.7%	13.6%
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Tabel A2-3 Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken in het scenario

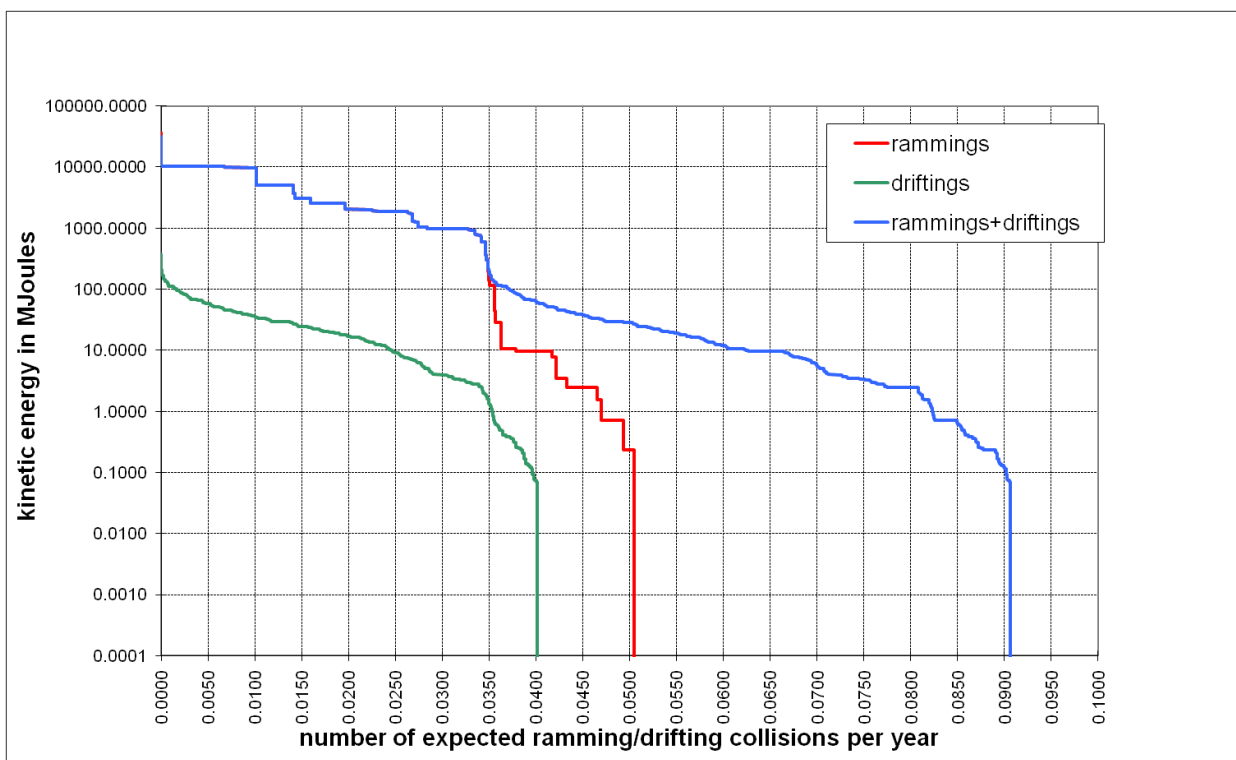
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ⁴	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000001	0.001860	0.000019	0.001880
Chemicaliën tanker	0.000001	0.003850	0.000020	0.003871
Gastanker	0.000004	0.001143	0.000070	0.001217
Container+ RoRo	0.003149	0.017924	0.028680	0.049753
Ferry	0.000031	0.000137	0.000427	0.000595
Overige R-schepen	0.000285	0.010018	0.003252	0.013555
N-schepen	0.000022	0.000022	0.021376	0.021420
Totaal	0.003493	0.034954	0.053844	0.092291

Tabel A2-4 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	Frontaal		Schampen							
	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
Geen	0.000000	0.001455	0.000000	0.014048	0.001532	0.005354	0.001532	0.020857	0.022389	45
Scheef	0.000000	0.000106	0.000019	0.000039	0.011384	0.000023	0.011403	0.000168	0.011571	86
Omvalen	0.003171	0.000039	0.028571	0.000334	0.022723	0.000000	0.054465	0.000374	0.054839	18
GosMos ¹	0.000352	0.000004	0.003119	0.000018	0.000000	0.000000	0.003472	0.000022	0.003493	286
Totaal	0.003524	0.001604	0.031710	0.014439	0.035639	0.005377	0.070872	0.021420	0.092292	11

Tabel A2-5 Schade aan het totale windpark

⁴ Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



Figuur A2-3 *Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)*

Kinetische energie in MJ	Rammen			Driften			Totaal		
	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal
<1	0.0%	4.6%	4.6%	0.4%	5.8%	6.2%	0.4%	10.4%	10.8%
1-3	0.0%	4.1%	4.1%	2.9%	0.1%	3.0%	2.9%	4.1%	7.1%
3-5	0.0%	1.2%	1.2%	4.3%	0.0%	4.3%	4.3%	1.2%	5.5%
5-10	0.0%	4.6%	4.6%	4.4%	0.0%	4.4%	4.4%	4.6%	9.0%
10-15	0.0%	1.8%	1.8%	3.1%	0.0%	3.1%	3.1%	1.8%	4.9%
15-50	0.0%	0.7%	0.7%	16.5%	0.0%	16.5%	16.5%	0.7%	17.2%
50-100	0.0%	0.0%	0.1%	5.3%	0.0%	5.3%	5.3%	0.0%	5.3%
100-200	0.3%	0.4%	0.7%	1.7%	0.0%	1.7%	2.0%	0.4%	2.4%
>200	37.8%	0.0%	37.8%	0.1%	0.0%	0.1%	37.9%	0.0%	37.9%
Totaal	38.2%	17.4%	55.6%	38.6%	5.8%	44.4%	76.8%	23.2%	100.0%

Tabel A2-6 *Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines*

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Windpark North Sea Power, scenario 1, configuratie 2		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000004	241280	0.000
20-150	0.000403	2482	0.035
150-750	0.001015	985	0.430
750-3000	0.000486	2056	0.694
3000-10000	0.000018	54313	0.068
Totaal	0.001927	519	1.226

Tabel A2-7 **Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine**

Uitstroom van ladingolie in m ³	Windpark North Sea Power, scenario 1, configuratie 2		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000040	25038	0.020
750-3000	0.000071	14139	0.164
3000-10000	0.000238	4209	1.497
10000-30000	0.000027	36979	0.419
30000-100000	0.000001	1606495	0.020
Totaal	0.000376	2660	2.120

Tabel A2-8 **Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine**

Windpark North Sea Power scenario 1 configuratie 2	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Verkeer 2008	0.001927	519	1.226	0.000376	2660	2.120	434

Tabel A2-9 **Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine**

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2008
Zeer hoog ecologisch risico	0.000080
Hoog ecologisch risico	0.000014
Gemiddeld ecologische risico	0.000015
Gering ecologisch risico	0.000151
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000048
Totaal	0.000309
Eens in de ... jaar	3238

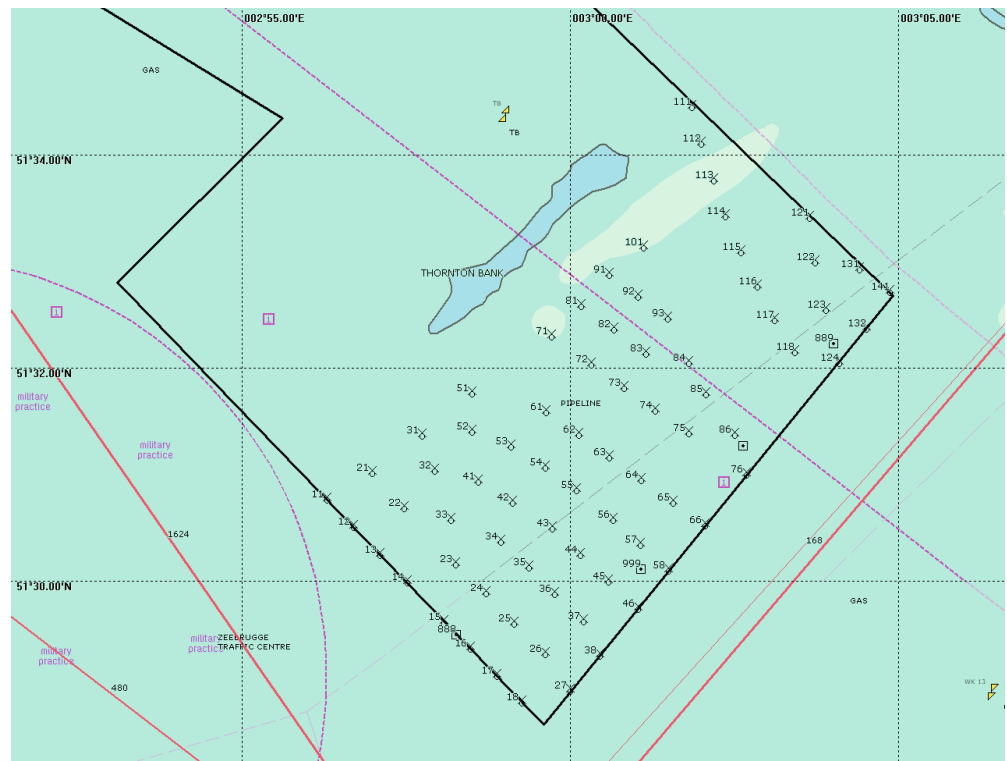
Tabel A2-10 *Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000000	0.000001	751880	0.86	0.000001	
Chemicaliën tanker	0.000000	0.000001	1092896	0.94	0.000001	1092896
Gastanker	0.000001	0.000004	227531	0.89	0.000004	227531
Container + RoRo	0.000318	0.002831	318	4.93	0.015516	
Ferry	0.000003	0.000028	32568	43.13	0.001324	32568
Overige R-schepen	0.000030	0.000255	3515	1.19	0.000339	
N-schepen	0.000004	0.000018	46051	0.19	0.000004	
Totaal	0.000356	0.003137	286	4.92	0.017189	27766

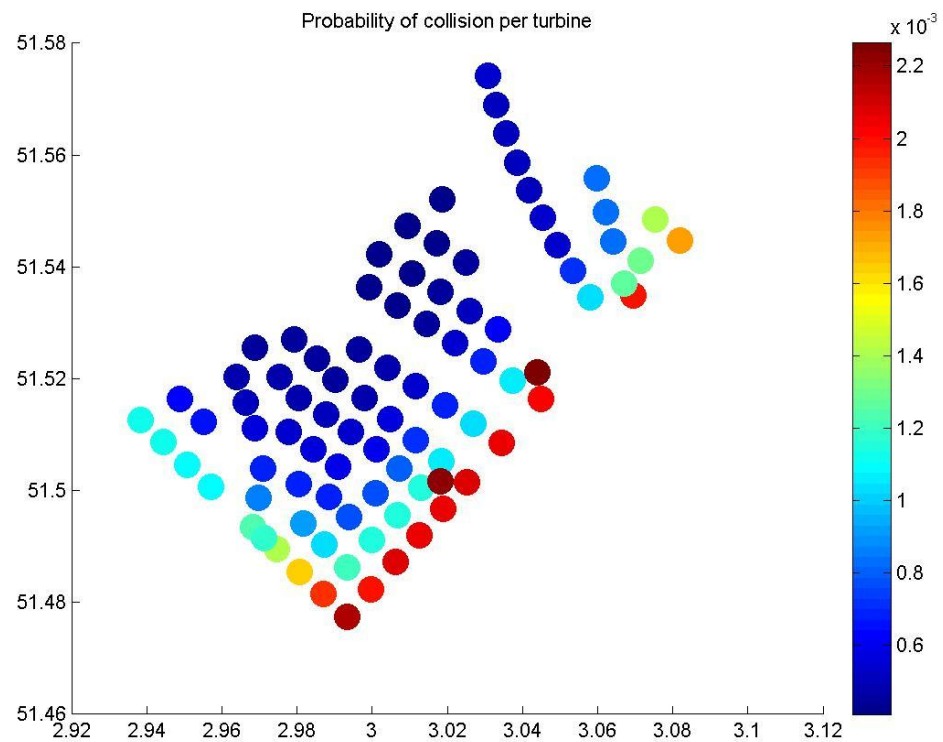
Tabel A2-11 *Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt*

APPENDIX A3:

Resultaten windpark North Sea Power onder scenario 2 in configuratie 1



Figuur A3-1 Lay-out Windpark North Sea Power configuratie 1 in scenario 2



Figuur A3-2 Grafische weergave van de aanvaar- en aandrijfkans per turbine

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
011.NSP_S120	5130.8	256.3	0.000308	0.000315	0.000447	0.000057	0.001127	887
012.NSP_S120	5130.5	256.7	0.000291	0.000312	0.000453	0.000058	0.001114	897
013.NSP_S120	5130.3	257.1	0.000289	0.000291	0.000452	0.000058	0.001090	917
014.NSP_S120	5130.0	257.4	0.000302	0.000275	0.000460	0.000057	0.001094	914
015.NSP_S120	5129.6	258.1	0.000441	0.000243	0.000491	0.000057	0.001232	812
016.NSP_S120	5129.4	258.5	0.000603	0.000223	0.000532	0.000057	0.001415	707
017.NSP_S120	5129.1	258.9	0.000820	0.000208	0.000561	0.000056	0.001645	608
018.NSP_S120	5128.9	259.2	0.001072	0.000207	0.000597	0.000056	0.001933	517
019.NSP_S120	5128.6	259.6	0.001280	0.000203	0.000636	0.000057	0.002175	460
021.NSP_S120	5131.0	256.9	0.000091	0.000072	0.000414	0.000052	0.000629	1591
022.NSP_S120	5130.7	257.3	0.000095	0.000069	0.000426	0.000052	0.000642	1557
023.NSP_S120	5129.9	258.2	0.000238	0.000110	0.000469	0.000054	0.000871	1148
024.NSP_S120	5129.6	258.9	0.000297	0.000067	0.000494	0.000053	0.000911	1098
025.NSP_S120	5129.4	259.2	0.000384	0.000064	0.000539	0.000052	0.001038	963
026.NSP_S120	5129.2	259.6	0.000509	0.000072	0.000571	0.000053	0.001204	830
027.NSP_S120	5128.9	300.0	0.001114	0.000204	0.000603	0.000057	0.001979	505
031.NSP_S120	5130.2	258.3	0.000133	0.000049	0.000451	0.000052	0.000685	1460
032.NSP_S120	5130.1	258.8	0.000137	0.000030	0.000459	0.000050	0.000676	1480
033.NSP_S120	5129.9	259.3	0.000141	0.000019	0.000464	0.000048	0.000672	1489
034.NSP_S120	5129.7	259.6	0.000195	0.000024	0.000494	0.000048	0.000762	1312
035.NSP_S120	5129.5	300.0	0.000474	0.000072	0.000554	0.000054	0.001154	867
036.NSP_S120	5129.2	300.4	0.001229	0.000204	0.000588	0.000058	0.002078	481
041.NSP_S120	5131.2	257.8	0.000033	0.000010	0.000390	0.000047	0.000481	2081
042.NSP_S120	5130.9	258.0	0.000046	0.000015	0.000409	0.000048	0.000518	1929
043.NSP_S120	5130.7	258.1	0.000067	0.000023	0.000427	0.000049	0.000565	1770
045.NSP_S120	5130.6	258.7	0.000062	0.000011	0.000431	0.000047	0.000551	1814
046.NSP_S120	5130.4	259.0	0.000078	0.000009	0.000442	0.000046	0.000575	1740
047.NSP_S120	5130.3	259.5	0.000088	0.000007	0.000453	0.000045	0.000592	1688
048.NSP_S120	5130.0	300.1	0.000231	0.000026	0.000475	0.000049	0.000780	1281
049.NSP_S120	5129.7	300.4	0.000487	0.000077	0.000542	0.000053	0.001160	862
051.NSP_S120	5131.5	258.1	0.000021	0.000003	0.000383	0.000045	0.000453	2210
052.NSP_S120	5131.2	258.5	0.000029	0.000004	0.000393	0.000045	0.000470	2126
053.NSP_S120	5131.0	258.8	0.000038	0.000004	0.000407	0.000044	0.000492	2031
054.NSP_S120	5130.8	259.3	0.000043	0.000003	0.000422	0.000043	0.000510	1960
055.NSP_S120	5130.6	259.6	0.000060	0.000004	0.000428	0.000043	0.000535	1868
056.NSP_S120	5130.4	300.1	0.000106	0.000009	0.000447	0.000045	0.000608	1646
057.NSP_S120	5130.2	300.4	0.000237	0.000027	0.000475	0.000049	0.000788	1270
058.NSP_S120	5130.0	300.8	0.000493	0.000078	0.000537	0.000053	0.001161	861
059.NSP_S120	5129.8	301.1	0.001216	0.000205	0.000580	0.000057	0.002058	486
061.NSP_S120	5131.6	258.7	0.000015	0.000001	0.000387	0.000041	0.000444	2251
062.NSP_S120	5131.4	259.1	0.000017	0.000001	0.000392	0.000040	0.000450	2221
063.NSP_S120	5131.2	259.4	0.000024	0.000001	0.000402	0.000040	0.000467	2140
064.NSP_S120	5131.0	259.9	0.000046	0.000002	0.000407	0.000042	0.000496	2014
065.NSP_S120	5130.8	300.3	0.000087	0.000006	0.000422	0.000044	0.000559	1788
066.NSP_S120	5130.5	300.7	0.000194	0.000020	0.000449	0.000047	0.000711	1406
067.NSP_S120	5130.3	301.1	0.000458	0.000070	0.000496	0.000053	0.001077	929
068.NSP_S120	5130.1	301.5	0.001241	0.000205	0.000576	0.000059	0.002080	481
071.NSP_S120	5131.5	259.8	0.000018	0.000001	0.000393	0.000039	0.000451	2216
072.NSP_S120	5131.3	300.2	0.000041	0.000002	0.000393	0.000042	0.000477	2095
073.NSP_S120	5131.1	300.7	0.000096	0.000005	0.000402	0.000044	0.000548	1826
074.NSP_S120	5130.9	301.1	0.000188	0.000019	0.000424	0.000051	0.000681	1467
075.NSP_S120	5130.7	301.6	0.000444	0.000069	0.000468	0.000055	0.001036	966
076.NSP_S120	5130.5	302.1	0.001242	0.000200	0.000536	0.000059	0.002038	491
081.NSP_S120	5132.2	259.9	0.000010	0.000000	0.000378	0.000037	0.000425	2351
082.NSP_S120	5132.0	300.4	0.000018	0.000001	0.000379	0.000039	0.000436	2293
083.NSP_S120	5131.8	300.8	0.000033	0.000002	0.000382	0.000041	0.000457	2186
084.NSP_S120	5131.6	301.3	0.000097	0.000005	0.000391	0.000048	0.000541	1849
085.NSP_S120	5131.4	301.8	0.000192	0.000019	0.000415	0.000051	0.000677	1476
086.NSP_S120	5131.2	302.2	0.000487	0.000070	0.000445	0.000056	0.001057	946
087.NSP_S120	5131.0	302.7	0.001246	0.000204	0.000514	0.000061	0.002025	494
091.NSP_S120	5132.5	300.1	0.000008	0.000000	0.000366	0.000037	0.000410	2436

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB gmm.m	OL gmm.m	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen		
092.NSP_S120	5132.3	300.7	0.000015	0.000000	0.000373	0.000038	0.000426	2347
093.NSP_S120	5132.1	301.1	0.000028	0.000001	0.000374	0.000040	0.000443	2259
094.NSP_S120	5131.9	301.6	0.000076	0.000003	0.000382	0.000047	0.000507	1971
095.NSP_S120	5131.7	302.0	0.000152	0.000013	0.000402	0.000050	0.000617	1622
101.NSP_S120	5132.8	300.5	0.000011	0.000000	0.000360	0.000039	0.000410	2440
102.NSP_S120	5132.7	301.0	0.000016	0.000000	0.000370	0.000038	0.000425	2354
103.NSP_S120	5132.5	301.5	0.000032	0.000001	0.000370	0.000044	0.000447	2235
111.NSP_S120	5133.1	301.1	0.000020	0.000001	0.000356	0.000046	0.000424	2360
121.NSP_S120	5134.5	301.9	0.000011	0.000132	0.000348	0.000061	0.000552	1810
122.NSP_S120	5134.1	302.0	0.000018	0.000078	0.000357	0.000059	0.000512	1955
123.NSP_S120	5133.8	302.2	0.000032	0.000047	0.000364	0.000056	0.000499	2005
124.NSP_S120	5133.5	302.3	0.000055	0.000028	0.000366	0.000054	0.000503	1988
125.NSP_S120	5133.2	302.5	0.000078	0.000017	0.000364	0.000052	0.000512	1953
126.NSP_S120	5132.9	302.7	0.000097	0.000012	0.000372	0.000052	0.000533	1876
127.NSP_S120	5132.6	302.9	0.000105	0.000009	0.000379	0.000050	0.000543	1843
128.NSP_S120	5132.4	303.2	0.000236	0.000025	0.000407	0.000053	0.000721	1387
129.NSP_S120	5132.1	303.5	0.000483	0.000076	0.000432	0.000057	0.001047	955
131.NSP_S120	5133.4	303.6	0.000262	0.000104	0.000403	0.000059	0.000828	1208
132.NSP_S120	5133.0	303.7	0.000302	0.000057	0.000403	0.000056	0.000819	1222
133.NSP_S120	5132.7	303.8	0.000320	0.000036	0.000410	0.000054	0.000819	1221
134.NSP_S120	5132.5	304.3	0.000677	0.000108	0.000452	0.000058	0.001294	773
135.NSP_S120	5132.1	304.2	0.001240	0.000210	0.000482	0.000061	0.001993	502
141.NSP_S120	5132.9	304.5	0.000771	0.000121	0.000459	0.000059	0.001409	710
142.NSP_S120	5132.7	304.9	0.001040	0.000140	0.000482	0.000058	0.001720	581
410.NSP_S120	5129.5	300.8	0.001218	0.000205	0.000575	0.000057	0.002055	487
888.NSP_WMM1	5129.5	258.3	0.000465	0.000171	0.000494	0.000052	0.001182	846
889.NSP_WMM2	5132.2	304.0	0.000674	0.000089	0.000449	0.000054	0.001266	790
998.NSP_OHVS1	5131.3	302.6	0.001213	0.000428	0.000526	0.000098	0.002265	441
999.NSP_OHVS2	5130.1	301.1	0.001065	0.000430	0.000624	0.000093	0.002212	452
Totaal per jaar			0.030688	0.007291	0.040348	0.004625	0.082952	12
Dit is eens in .. jaar			33	137	25	216	12	

Tabel A3-1

Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant NSP_sc2_conf1

Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
Routegebonden	0.030689	33	0.040342	25	0.071031	14
Niet-routegebonden	0.007290	137	0.004626	216	0.011916	84
Totaal	0.037979	26	0.044968	22	0.082947	12

Tabel A3-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant NSP_sc2_conf1

Windpark	Rammen		Driften		Totaal
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
North Sea Power	72.8%	25.3%	24.6%	22.4%	32.4%
Belwind	13.8%	27.9%	29.5%	24.1%	26.3%
Eldepasco	0.6%	11.2%	14.4%	15.3%	11.8%
C-Power	10.1%	9.7%	12.2%	12.7%	11.6%
RENTTEL	0.2%	7.9%	10.1%	14.0%	8.6%
SEASTAR	2.6%	18.0%	9.2%	11.5%	9.3%
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Tabel A3-3 Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken in het scenario

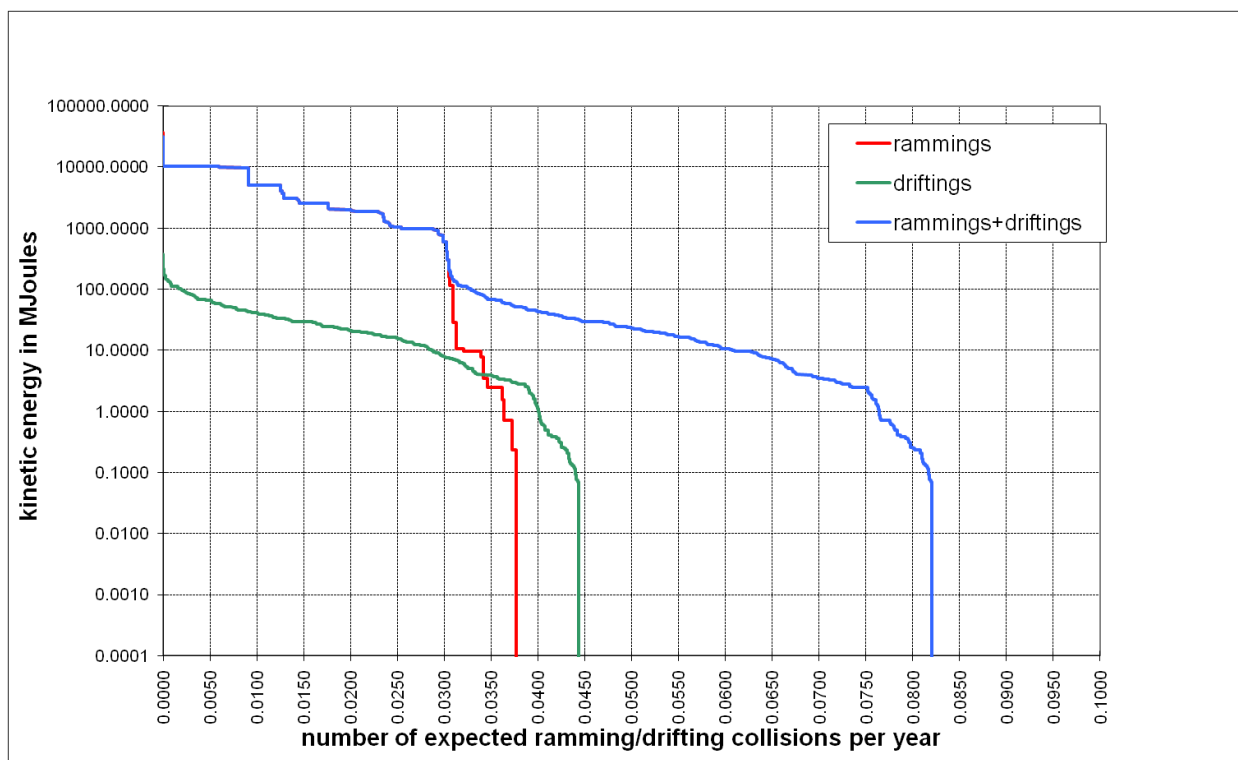
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ⁵	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000033	0.002261	0.000300	0.002594
Chemicaliën tanker	0.000064	0.004698	0.000581	0.005343
Gastanker	0.000006	0.001256	0.000074	0.001336
Container+ RoRo	0.002634	0.020374	0.023947	0.046955
Ferry	0.000026	0.000155	0.000365	0.000546
Overige R-schepen	0.000270	0.010950	0.003041	0.014261
N-schepen	0.000015	0.000024	0.011877	0.011916
Totaal	0.003047	0.039718	0.040186	0.082951

Tabel A3-4 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	frontaal		Schampen							
	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
Geen	0.000000	0.000646	0.000000	0.006304	0.001492	0.004602	0.001492	0.011551	0.013043	77
Scheef	0.000000	0.000055	0.000012	0.000022	0.012168	0.000024	0.012180	0.000100	0.012280	81
Omvalen	0.002762	0.000026	0.024881	0.000224	0.026688	0.000000	0.054331	0.000250	0.054581	18
GosMos ¹	0.000307	0.000003	0.002726	0.000012	0.000000	0.000000	0.003033	0.000015	0.003047	328
Totaal	0.003069	0.000729	0.027618	0.006561	0.040348	0.004626	0.071035	0.011916	0.082951	12

Tabel A3-5 Schade aan het totale windpark

⁵ Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



Figuur A3-3 *Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)*

Kinetische energie in MJ	Rammen			Driften			Totaal		
	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal
<1	0.0%	1.9%	1.9%	0.4%	5.5%	5.9%	0.4%	7.5%	7.9%
1-3	0.0%	2.1%	2.1%	3.4%	0.1%	3.4%	3.4%	2.2%	5.5%
3-5	0.0%	0.6%	0.6%	5.1%	0.0%	5.1%	5.1%	0.6%	5.7%
5-10	0.0%	2.4%	2.4%	5.3%	0.0%	5.3%	5.3%	2.4%	7.7%
10-15	0.0%	1.0%	1.0%	3.9%	0.0%	3.9%	3.9%	1.0%	4.9%
15-50	0.0%	0.4%	0.4%	21.5%	0.0%	21.5%	21.5%	0.4%	21.9%
50-100	0.0%	0.0%	0.0%	6.9%	0.0%	6.9%	6.9%	0.0%	6.9%
100-200	0.2%	0.3%	0.5%	2.2%	0.0%	2.2%	2.4%	0.3%	2.7%
>200	36.7%	0.0%	36.7%	0.1%	0.0%	0.1%	36.9%	0.0%	36.9%
Totaal	37.0%	8.8%	45.8%	48.6%	5.6%	54.2%	85.6%	14.4%	100.0%

Tabel A3-6 *Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines*

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Windpark North Sea Power, scenario 2, configuratie 1		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000004	236875	0.000
20-150	0.000436	2292	0.038
150-750	0.001161	861	0.494
750-3000	0.000567	1764	0.810
3000-10000	0.000022	45996	0.080
Totaal	0.002191	457	1.423

Tabel A3-7 **Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine**

Uitstroom van ladingolie in m ³	Windpark North Sea Power, scenario 2, configuratie 1		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000043	23100	0.022
750-3000	0.000097	10284	0.222
3000-10000	0.000285	3505	1.779
10000-30000	0.000031	32116	0.483
30000-100000	0.000001	1399871	0.022
Totaal	0.000458	2185	2.528

Tabel A3-8 **Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine**

Windpark North Sea Power scenario 2 configuratie 1	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Verkeer 2008	0.002191	457	1.423	0.000458	2185	2.528	378

Tabel A3-9 **Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine**

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2008
Zeer hoog ecologisch risico	0.000102
Hoog ecologisch risico	0.000015
Gemiddeld ecologische risico	0.000017
Gering ecologisch risico	0.000183
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000052
Totaal	0.000369
Eens in de ... jaar	2713

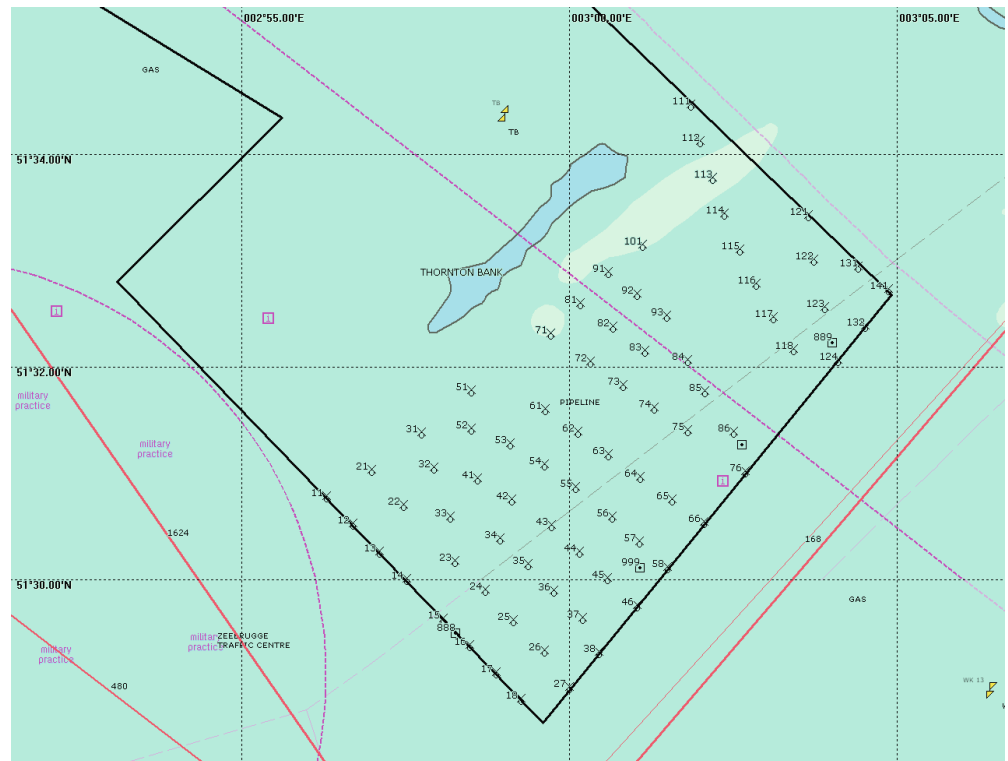
Tabel A3-10 *Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000003	0.000030	30285	0.96	0.000032	
Chemicaliën tanker	0.000006	0.000057	15713	1.23	0.000078	15713
Gastanker	0.000001	0.000005	168067	1.04	0.000006	168067
Container + RoRo	0.000266	0.002368	380	4.50	0.011856	
Ferry	0.000003	0.000023	38256	41.39	0.001082	38256
Overige R-schepen	0.000028	0.000242	3705	1.07	0.000289	
N-schepen	0.000003	0.000012	68799	0.18	0.000003	
Totaal	0.000310	0.002738	328	4.38	0.013346	10446

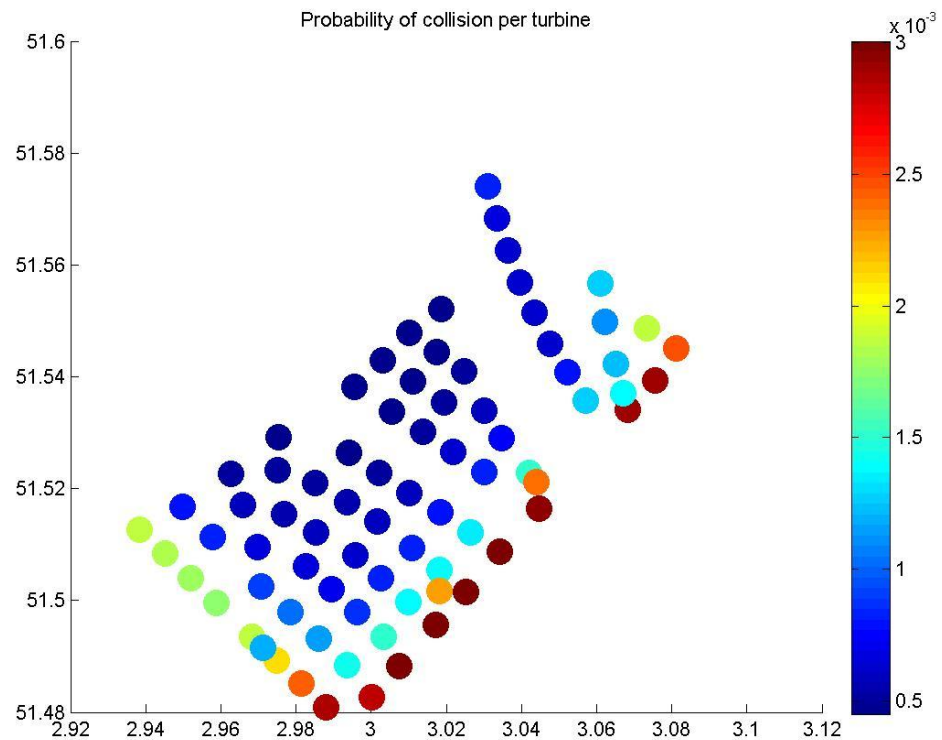
Tabel A3-11 *Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt*

APPENDIX A4:

Resultaten windpark North Sea Power onder scenario 2 in configuratie 2



Figuur A4- 1 Lay-out Windpark North Sea Power configuratie 2 in scenario 2



Figuur A4-2 Grafische weergave van de aanvaar- en aandrijfkans per turbine

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB ggmm.m	OL ggmm.m	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
011.NSP_RE6MW	5130.8	256.3	0.000452	0.000845	0.000476	0.000077	0.001849	541
012.NSP_RE6MW	5130.5	256.7	0.000424	0.000834	0.000482	0.000077	0.001816	551
013.NSP_RE6MW	5130.2	257.1	0.000422	0.000792	0.000481	0.000076	0.001771	565
014.NSP_RE6MW	5130.0	257.5	0.000456	0.000739	0.000492	0.000076	0.001763	567
015.NSP_RE6MW	5129.6	258.1	0.000633	0.000630	0.000520	0.000077	0.001860	538
016.NSP_RE6MW	5129.4	258.5	0.000876	0.000576	0.000564	0.000076	0.002093	478
017.NSP_RE6MW	5129.1	258.9	0.001202	0.000558	0.000596	0.000076	0.002432	411
018.NSP_RE6MW	5128.9	259.3	0.001585	0.000548	0.000637	0.000076	0.002846	351
021.NSP_RE6MW	5131.0	257.0	0.000118	0.000165	0.000436	0.000068	0.000787	1270
022.NSP_RE6MW	5130.7	257.5	0.000131	0.000156	0.000456	0.000068	0.000811	1233
023.NSP_RE6MW	5130.1	258.3	0.000215	0.000150	0.000481	0.000066	0.000913	1095
024.NSP_RE6MW	5129.9	258.7	0.000316	0.000128	0.000498	0.000066	0.001009	991
025.NSP_RE6MW	5129.6	259.2	0.000422	0.000124	0.000548	0.000068	0.001162	861
026.NSP_RE6MW	5129.3	259.6	0.000607	0.000157	0.000577	0.000070	0.001410	709
027.NSP_RE6MW	5129.0	300.0	0.001572	0.000536	0.000636	0.000077	0.002821	354
031.NSP_RE6MW	5131.4	257.8	0.000038	0.000016	0.000410	0.000061	0.000525	1907
032.NSP_RE6MW	5131.0	258.0	0.000059	0.000026	0.000426	0.000062	0.000574	1743
033.NSP_RE6MW	5130.6	258.2	0.000107	0.000053	0.000462	0.000064	0.000686	1458
034.NSP_RE6MW	5130.4	259.0	0.000117	0.000023	0.000472	0.000060	0.000672	1487
035.NSP_RE6MW	5130.1	259.3	0.000155	0.000021	0.000477	0.000061	0.000713	1402
036.NSP_RE6MW	5129.9	259.8	0.000247	0.000052	0.000497	0.000063	0.000859	1164
037.NSP_RE6MW	5129.6	300.2	0.000673	0.000198	0.000571	0.000072	0.001514	660
038.NSP_RE6MW	5129.3	300.5	0.001751	0.000544	0.000612	0.000078	0.002986	335
041.NSP_RE6MW	5130.9	258.6	0.000061	0.000011	0.000430	0.000061	0.000563	1777
042.NSP_RE6MW	5130.7	259.1	0.000070	0.000007	0.000446	0.000059	0.000582	1719
043.NSP_RE6MW	5130.5	259.8	0.000108	0.000011	0.000461	0.000060	0.000640	1562
044.NSP_RE6MW	5130.2	300.2	0.000236	0.000043	0.000487	0.000063	0.000829	1207
045.NSP_RE6MW	5130.0	300.6	0.000589	0.000172	0.000552	0.000070	0.001384	723
046.NSP_RE6MW	5129.7	301.0	0.001739	0.000548	0.000608	0.000078	0.002973	336
051.NSP_RE6MW	5131.8	258.5	0.000019	0.000002	0.000406	0.000057	0.000483	2071
052.NSP_RE6MW	5131.4	258.5	0.000031	0.000004	0.000414	0.000058	0.000506	1974
053.NSP_RE6MW	5131.3	259.1	0.000035	0.000002	0.000417	0.000057	0.000511	1955
054.NSP_RE6MW	5131.1	259.6	0.000049	0.000003	0.000428	0.000058	0.000537	1861
055.NSP_RE6MW	5130.8	300.1	0.000093	0.000009	0.000431	0.000061	0.000594	1685
056.NSP_RE6MW	5130.6	300.7	0.000256	0.000048	0.000466	0.000065	0.000836	1196
057.NSP_RE6MW	5130.3	301.1	0.000628	0.000182	0.000516	0.000071	0.001397	716
058.NSP_RE6MW	5130.1	301.5	0.001772	0.000549	0.000606	0.000079	0.003005	333
061.NSP_RE6MW	5131.6	259.6	0.000022	0.000001	0.000410	0.000056	0.000489	2047
062.NSP_RE6MW	5131.4	300.1	0.000049	0.000004	0.000413	0.000060	0.000526	1903
063.NSP_RE6MW	5131.2	300.6	0.000116	0.000012	0.000417	0.000063	0.000608	1645
064.NSP_RE6MW	5130.9	301.1	0.000245	0.000045	0.000439	0.000067	0.000796	1257
065.NSP_RE6MW	5130.7	301.6	0.000603	0.000176	0.000485	0.000073	0.001337	748
066.NSP_RE6MW	5130.5	302.0	0.001776	0.000548	0.000561	0.000080	0.002966	337
071.NSP_RE6MW	5132.3	259.7	0.000010	0.000000	0.000389	0.000051	0.000450	2222
072.NSP_RE6MW	5132.0	300.3	0.000023	0.000001	0.000397	0.000057	0.000478	2090
073.NSP_RE6MW	5131.8	300.8	0.000043	0.000005	0.000399	0.000062	0.000508	1968
074.NSP_RE6MW	5131.6	301.3	0.000134	0.000016	0.000408	0.000065	0.000623	1605
075.NSP_RE6MW	5131.4	301.8	0.000283	0.000061	0.000434	0.000070	0.000849	1178
076.NSP_RE6MW	5131.0	302.7	0.001781	0.000537	0.000540	0.000082	0.002940	340
081.NSP_RE6MW	5132.6	300.2	0.000011	0.000000	0.000387	0.000055	0.000453	2205
082.NSP_RE6MW	5132.4	300.7	0.000021	0.000001	0.000391	0.000058	0.000471	2125
083.NSP_RE6MW	5132.1	301.1	0.000048	0.000004	0.000391	0.000062	0.000505	1979
084.NSP_RE6MW	5132.0	301.8	0.000118	0.000015	0.000399	0.000066	0.000598	1673
085.NSP_RE6MW	5131.7	302.1	0.000227	0.000045	0.000422	0.000069	0.000763	1310
086.NSP_RE6MW	5131.4	302.5	0.000754	0.000208	0.000470	0.000076	0.001509	663
091.NSP_RE6MW	5132.9	300.6	0.000015	0.000002	0.000375	0.000059	0.000451	2219
092.NSP_RE6MW	5132.7	301.0	0.000022	0.000002	0.000388	0.000061	0.000473	2115
093.NSP_RE6MW	5132.5	301.5	0.000043	0.000004	0.000387	0.000063	0.000496	2016
101.NSP_RE6MW	5133.1	301.1	0.000027	0.000006	0.000373	0.000064	0.000470	2128
111.NSP_RE6MW	5134.4	301.9	0.000015	0.000370	0.000367	0.000081	0.000833	1201
112.NSP_RE6MW	5134.1	302.0	0.000025	0.000208	0.000378	0.000077	0.000688	1454

Windturbine	Positie		Rammen		Driften		Totaal	Eens in de ... jaar
	NB gmm.m	OL gmm.m	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
113.NSP_RE6MW	5133.8	302.2	0.000052	0.000115	0.000385	0.000074	0.000625	1600
114.NSP_RE6MW	5133.4	302.4	0.000086	0.000071	0.000384	0.000073	0.000614	1628
115.NSP_RE6MW	5133.1	302.6	0.000130	0.000046	0.000385	0.000071	0.000632	1582
116.NSP_RE6MW	5132.8	302.9	0.000135	0.000031	0.000392	0.000069	0.000626	1597
117.NSP_RE6MW	5132.4	303.1	0.000257	0.000053	0.000418	0.000072	0.000799	1252
118.NSP_RE6MW	5132.1	303.4	0.000594	0.000169	0.000444	0.000075	0.001282	780
121.NSP_RE6MW	5133.4	303.7	0.000397	0.000370	0.000430	0.000080	0.001277	783
122.NSP_RE6MW	5133.0	303.7	0.000427	0.000173	0.000423	0.000074	0.001098	911
123.NSP_RE6MW	5132.5	303.9	0.000582	0.000146	0.000439	0.000075	0.001242	805
124.NSP_RE6MW	5132.0	304.1	0.001772	0.000557	0.000507	0.000082	0.002918	343
131.NSP_RE6MW	5132.9	304.4	0.000967	0.000344	0.000466	0.000079	0.001855	539
132.NSP_RE6MW	5132.4	304.5	0.001781	0.000531	0.000511	0.000082	0.002905	344
141.NSP_RE6MW	5132.7	304.9	0.001472	0.000417	0.000505	0.000080	0.002474	404
998.NSP_RE6MW	5131.3	302.6	0.001285	0.000461	0.000530	0.000099	0.002374	421
999.NSP_RE6MW	5130.1	301.1	0.001127	0.000442	0.000622	0.000093	0.002285	438
888.NSP_RE6MW	5129.5	258.3	0.000465	0.000171	0.000494	0.000052	0.001182	846
889.NSP_RE6MW	5132.2	304.0	0.000800	0.000100	0.000452	0.000054	0.001406	711
Totaal per jaar			0.037002	0.015930	0.036279	0.005374	0.094584	11
Dit is eens in .. jaar			27	63	28	186	11	

Tabel A4-1

Locatie, aanvaar- en aandrijfkans per turbine voor variant NSP_sc2_conf2

Scheepstype	Rammen		Driften		Totaal	
	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar	Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
Routegebonden	0.037001	27	0.036276	28	0.073277	14
Niet-routegebonden	0.015931	63	0.005375	186	0.021306	47
Totaal	0.052932	19	0.041651	24	0.094583	11

Tabel A4-2 Totaal aantal aanvaringen/aandrijvingen voor variant NSP_sc2_conf2

Windpark	Rammen		Driften		Totaal
	R-schepen	N-schepen	R-schepen	N-schepen	
North Sea Power	76.4%	42.6%	22.7%	25.1%	35.4%
Belwind	12.0%	21.5%	30.3%	23.3%	25.2%
Eldepasco	0.5%	8.6%	14.7%	14.7%	11.3%
C-Power	8.7%	7.5%	12.5%	12.3%	11.1%
RENTTEL	0.2%	6.1%	10.4%	13.5%	8.2%
SEASTAR	2.2%	13.9%	9.5%	11.1%	8.9%
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Tabel A4-3 Relatief aantal aanvaringen/aandrijvingen voor alle windparken in het scenario

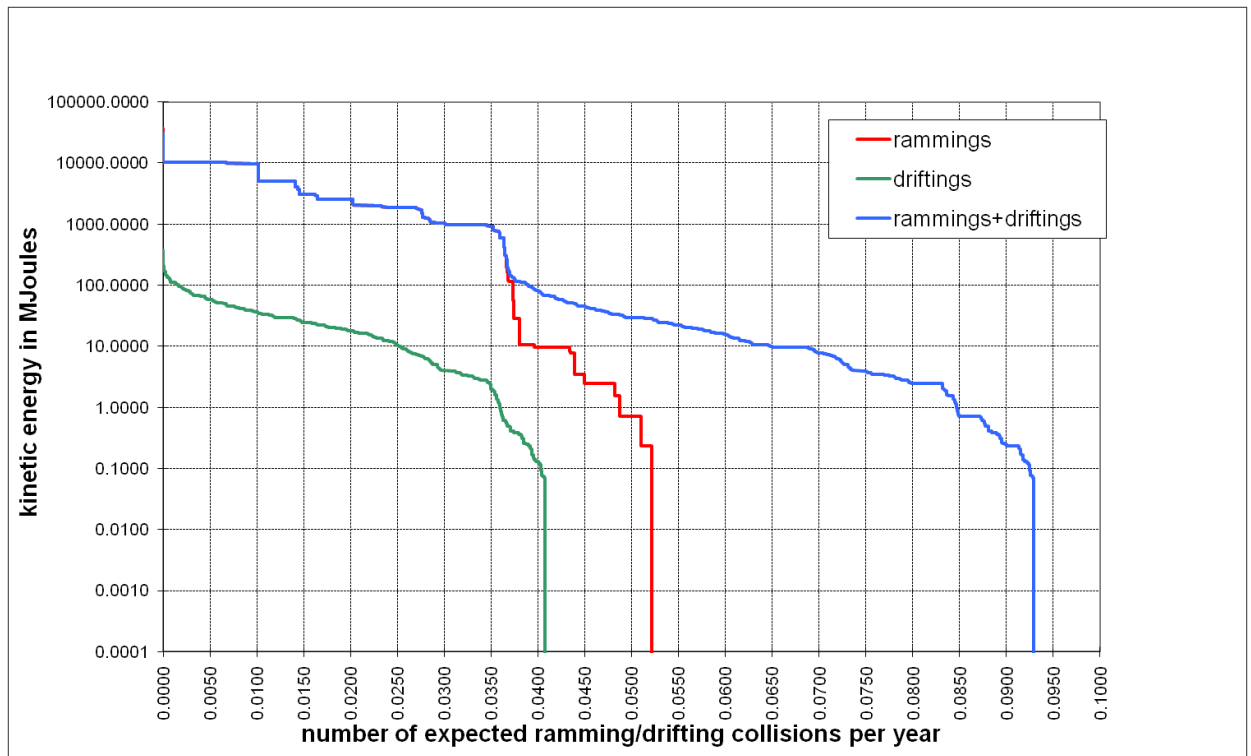
Scheepstype	Soort schade			Totaal
	GosMos ⁶	schade aan scheepshuid	geen schade	
Olietanker	0.000040	0.001994	0.000364	0.002398
Chemicaliën tanker	0.000082	0.004272	0.000747	0.005101
Gastanker	0.000008	0.001157	0.000097	0.001262
Container+ RoRo	0.003152	0.017932	0.028703	0.049787
Ferry	0.000031	0.000137	0.000427	0.000595
Overige R-schepen	0.000337	0.010082	0.003716	0.014135
N-schepen	0.000022	0.000022	0.021260	0.021304
Totaal	0.003670	0.035596	0.055316	0.094582

Tabel A4-4 Kans op een bepaalde schade soort veroorzaakt door de verschillende scheepstypen

Schade aan turbine	Rammen				Driften		Totaal		Aantal per jaar	Eens in de ... jaar
	frontaal		Schampen							
	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen	R- schepen	N- schepen		
Geen	0.000000	0.001444	0.000000	0.013947	0.001532	0.005352	0.001532	0.020743	0.022275	45
Scheef	0.000000	0.000106	0.000019	0.000039	0.011383	0.000023	0.011402	0.000167	0.011570	86
Omvallen	0.003330	0.000039	0.030002	0.000334	0.023364	0.000000	0.056696	0.000374	0.057069	18
GosMos ¹	0.000370	0.000004	0.003278	0.000018	0.000000	0.000000	0.003648	0.000022	0.003670	272
Totaal	0.003700	0.001593	0.033299	0.014338	0.036279	0.005375	0.073278	0.021306	0.094584	11

Tabel A4-5 Schade aan het totale windpark

⁶ Gondel en mastdeel valt op schip na plastische vervorming



Figuur A4-3 *Totale aanvaringsfrequentie per jaar boven een bepaald kinetisch energieniveau (routegebonden en niet-routegebonden verkeer)*

Kinetische energie in MJ	Rammen			Driften			Totaal		
	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal	R-schepen	N-schepen	Totaal
<1	0.0%	4.4%	4.4%	0.4%	5.6%	6.0%	0.4%	10.1%	10.4%
1-3	0.0%	4.0%	4.0%	2.9%	0.0%	2.9%	2.9%	4.0%	6.9%
3-5	0.0%	1.2%	1.2%	4.2%	0.0%	4.2%	4.2%	1.2%	5.4%
5-10	0.0%	4.5%	4.5%	4.3%	0.0%	4.3%	4.3%	4.5%	8.7%
10-15	0.0%	1.7%	1.7%	3.1%	0.0%	3.1%	3.1%	1.7%	4.8%
15-50	0.0%	0.7%	0.7%	16.6%	0.0%	16.6%	16.6%	0.7%	17.3%
50-100	0.0%	0.0%	0.1%	5.2%	0.0%	5.2%	5.2%	0.0%	5.3%
100-200	0.3%	0.4%	0.7%	1.7%	0.0%	1.7%	2.0%	0.4%	2.4%
>200	38.8%	0.0%	38.8%	0.1%	0.0%	0.1%	38.9%	0.0%	38.9%
Totaal	39.1%	16.8%	56.0%	38.4%	5.7%	44.0%	77.5%	22.5%	100.0%

Tabel A4-6 *Verdeling aanvaar- en aandrijfkansen over de scheepstypen en energieklassen voor alle windturbines*

Uitstroom van bunkerolie in m ³	Windpark North Sea Power, scenario 2, configuratie 2		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
0.01-20	0.000004	241302	0.000
20-150	0.000407	2456	0.035
150-750	0.001037	964	0.438
750-3000	0.000492	2034	0.700
3000-10000	0.000019	53922	0.068
Totaal	0.001959	511	1.242

Tabel A4-7 **Frequentie en volume van een uitstroom van bunkerolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine**

Uitstroom van ladingolie in m ³	Windpark North Sea Power, scenario 2, configuratie 2		
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³
20-150	0.000000		0.000
150-750	0.000040	25038	0.020
750-3000	0.000087	11535	0.198
3000-10000	0.000250	4003	1.556
10000-30000	0.000027	36843	0.421
30000-100000	0.000001	1606495	0.020
Totaal	0.000404	2474	2.214

Tabel A4-8 **Frequentie en volume van een uitstroom van ladingolie als gevolg van een aandrijving van een windturbine**

Windpark North Sea Power scenario 2 configuratie 2	Bunkerolie			Ladingolie			Totaal
	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Frequentie	Eens in de jaar	Gemiddelde uitstroom per jaar in m ³	Eens in de ... jaar
Verkeer 2008	0.001959	511	1.242	0.000404	2474	2.214	423

Tabel A4-9 **Uitstroom van ladingolie en bunkerolie als gevolg van een aandrijving met een windturbine**

Ecologische risico-indicator	Verkeer 2008
Zeer hoog ecologisch risico	0.000092
Hoog ecologisch risico	0.000014
Gemiddeld ecologische risico	0.000015
Gering ecologisch risico	0.000166
Verwaarloosbaar ecologische risico	0.000048
Totaal	0.000337
Eens in de ... jaar	2970

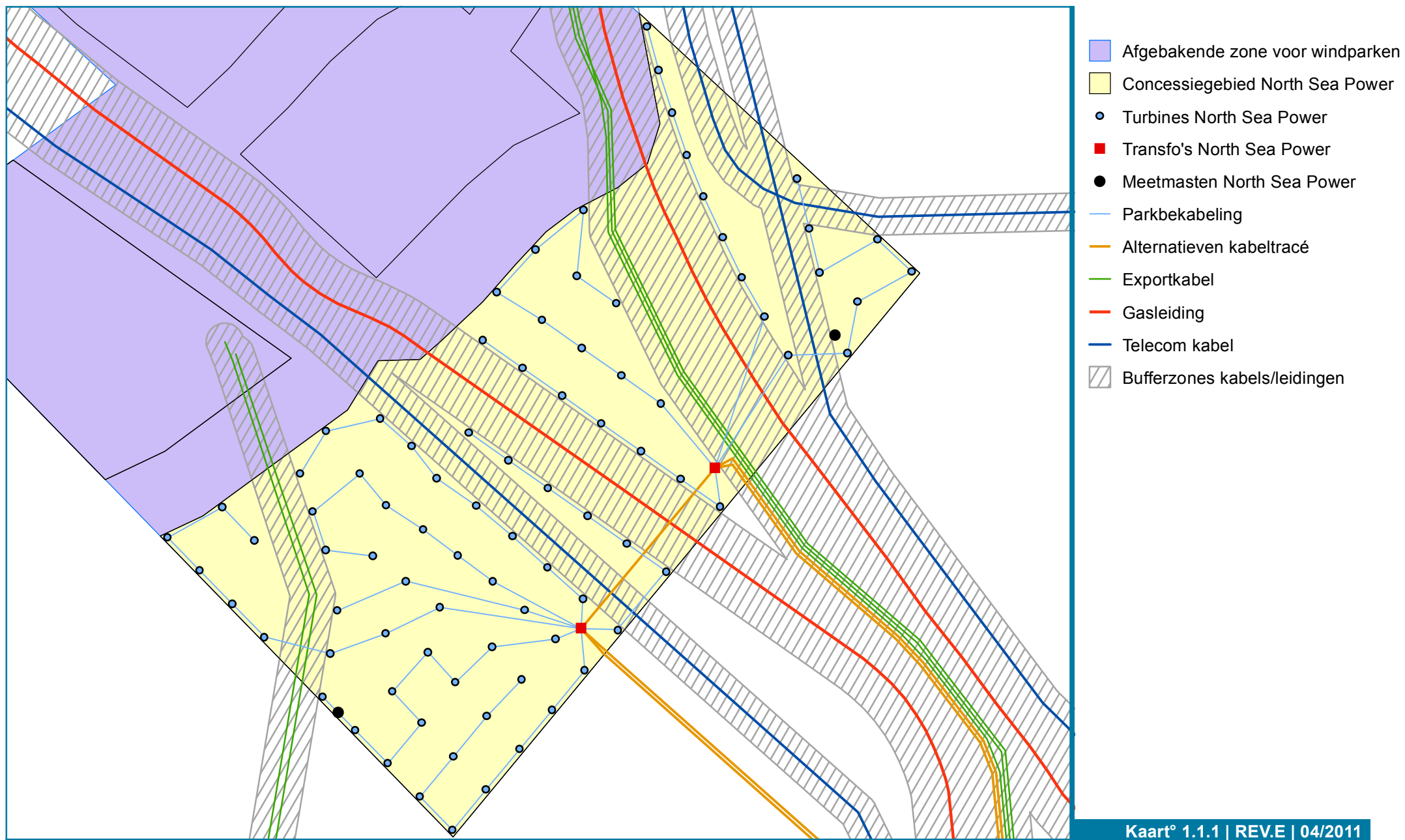
Tabel A4-10 *Frequentie van uitstroom van chemicaliën als gevolg van een aandrijving van een windturbine*

Scheepstype	Aanvaringstype Aantal per jaar		Samen eens in de ...jaar	Directe doden		Groepsrisico Eens in de ... jaar meer dan 10 doden
	Frontaal	Schampen		Gemiddeld aantal doden per keer	Gemiddeld aantal doden per jaar	
Olietanker	0.000004	0.000036	25233	1.01	0.000040	
Chemicaliën tanker	0.000008	0.000073	12238	1.29	0.000106	12238
Gastanker	0.000001	0.000007	128287	1.07	0.000008	128287
Container + RoRo	0.000319	0.002833	317	4.95	0.015615	
Ferry	0.000003	0.000028	32568	43.13	0.001324	32568
Overige R-schepen	0.000035	0.000302	2972	1.13	0.000380	
N-schepen	0.000004	0.000018	46051	0.19	0.000004	
Totaal	0.000374	0.003296	272	4.76	0.017477	8318

Tabel A4-11 *Overlijdensrisico bij aanvaren en aandrijven van een windturbine waarbij de mast met gondel op het schip valt*

KAARTEN

KAARTEN HOOFDSTUK 1



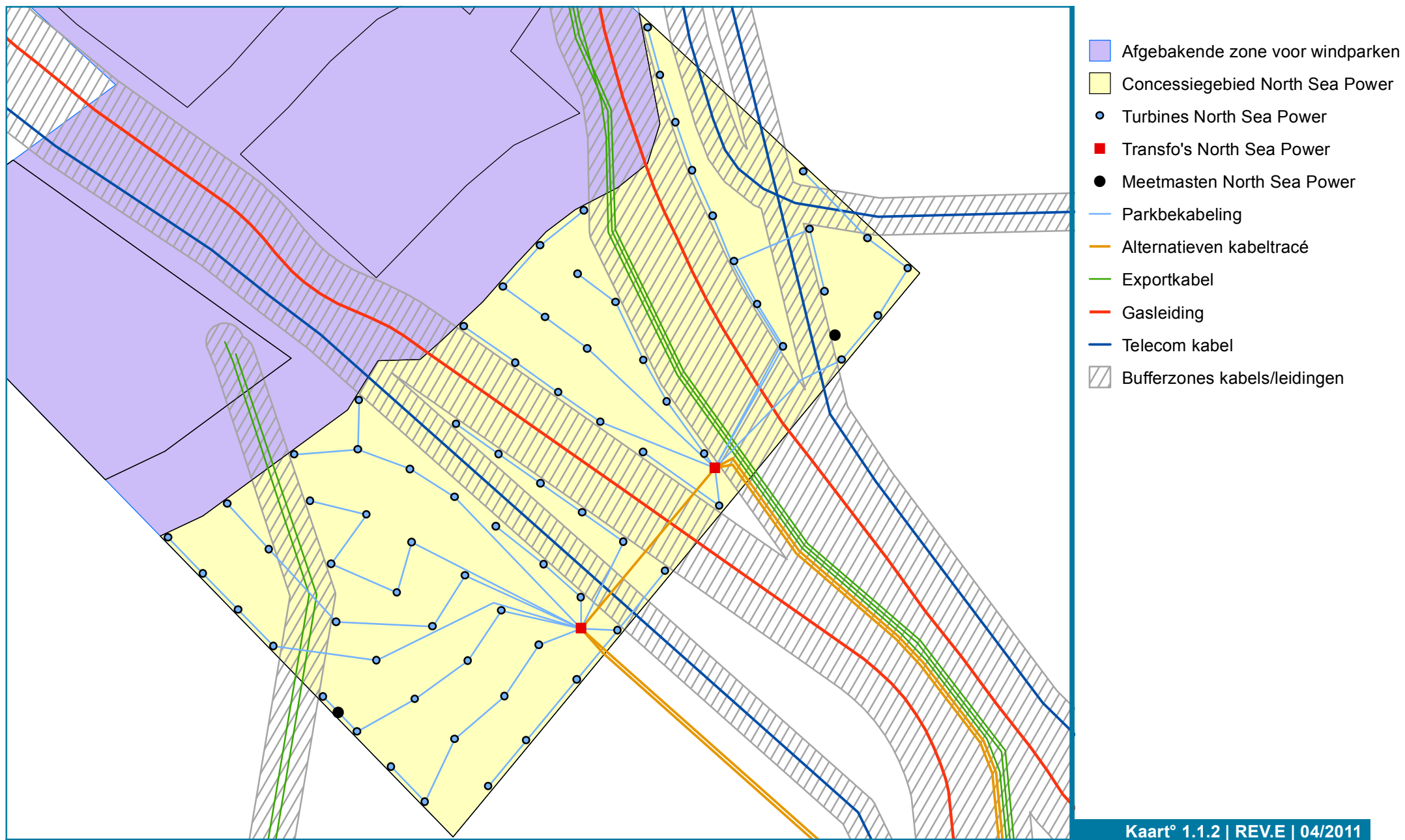
Windpark North Sea Power - Configuratie 1 : rotordiameter 120 m
 Projectnr 10296 - MER Northern



1:66.000

H:\10296_Norther\projecten



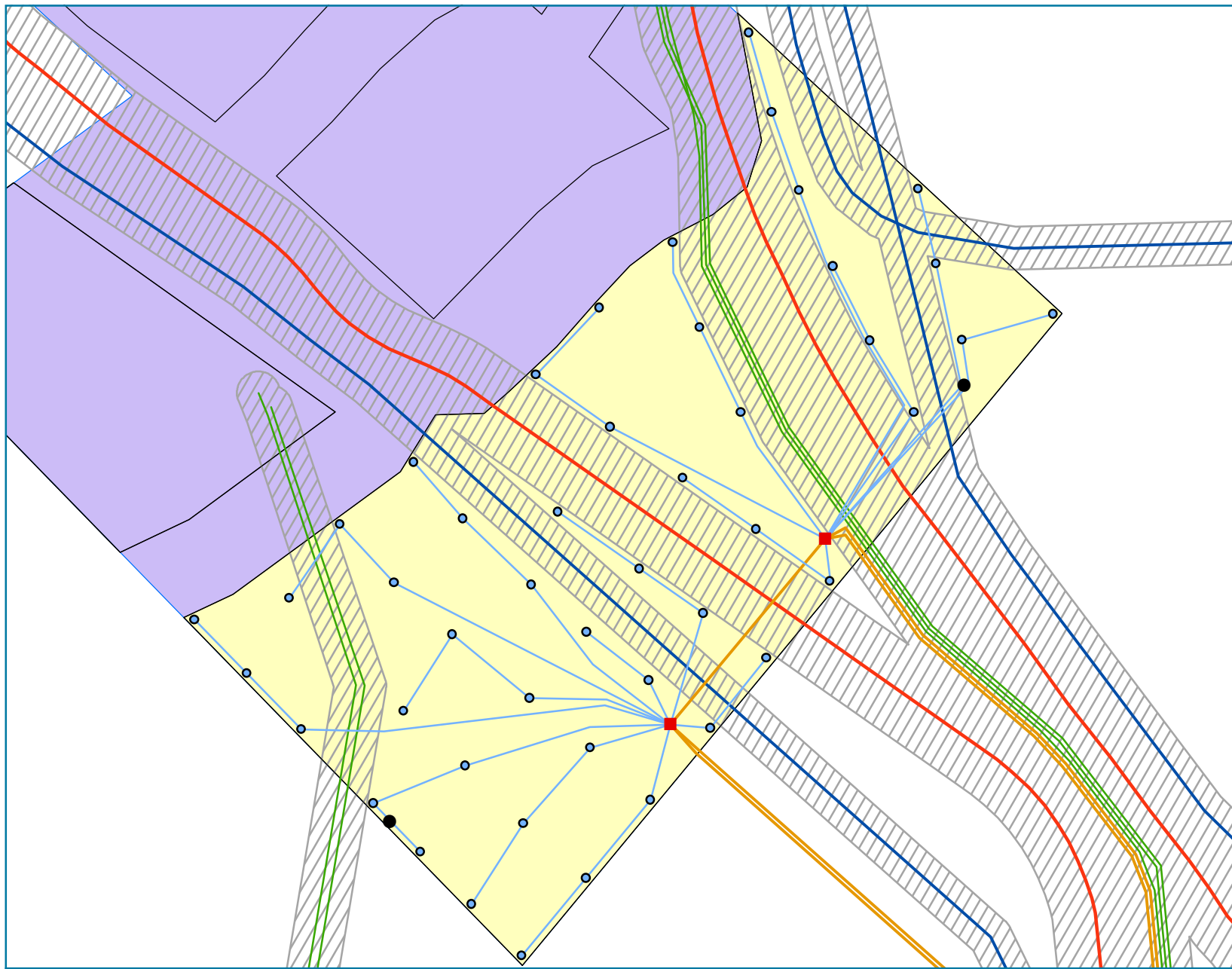


Windpark North Sea Power - Configuratie 2 : rotordiameter 130 m
 Projectnr 10296 - MER Norther



1:66.000

H:\10296_Norther\projecten



- Afgebakende zone voor windparken
- Concessiegebied North Sea Power
- Turbines North Sea Power
- Transfo's North Sea Power
- Meetmasten North Sea Power
- Parkbekabeling
- Alternatieven kabeltracé
- Exportkabel
- Gasleiding
- Telecom kabel
- Bufferzones kabels/leidingen

Kaart^o 1.1.3 | REV.E | 04/2011

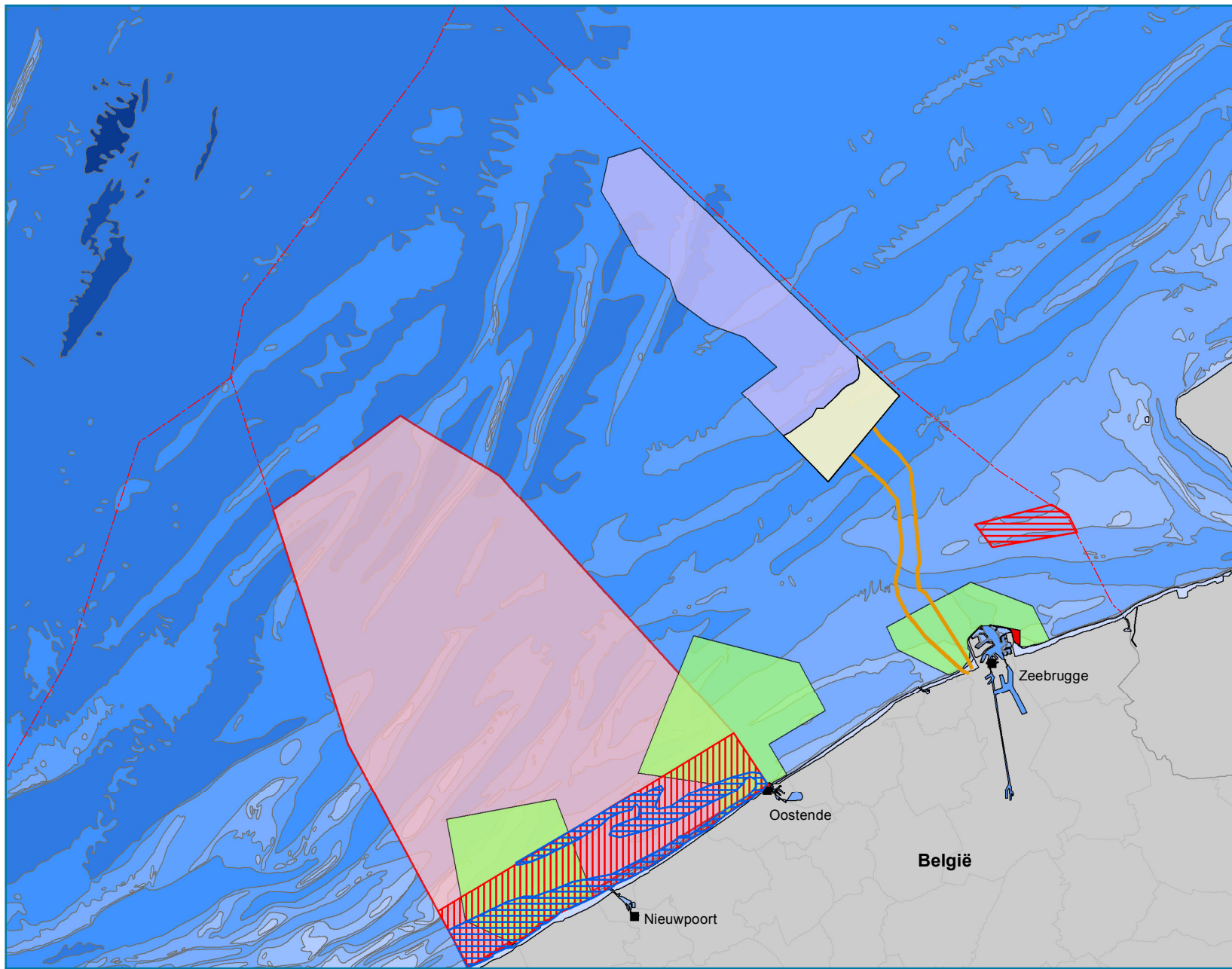
Windpark North Sea Power - Configuratie 3 : rotordiameter 150 m
Projectnr 10296 - MER Norther



1:66.000

H:\10296_Norther\projecten





- Afgebakende zone voor windparken
- Concessiegebied North Sea Power
- Alternatieven kabeltracé
- Ramsar zone Vlaamse Banken
- Habitatrichtlijngebied Trapegeer stroombank
- Habitatrichtlijngebied Vlakke van de Raan
(geen Speciale Beschermingszone meer in België, wel nog aangemeld op Europees niveau)
- Gericht marien reservaat Baai van Heist
- Vogelrichtlijngebieden
- Nieuw aangemeld Habitatrichtlijngebied
(nog niet opgenomen in de Europese lijst van Gebieden van Communautair Belang)

Kaart^o 1.3.1 | REV.C | 04/2011

Natuurbeschermingszones in de Belgische mariene wateren
Projectnr 10296 - MER Norther

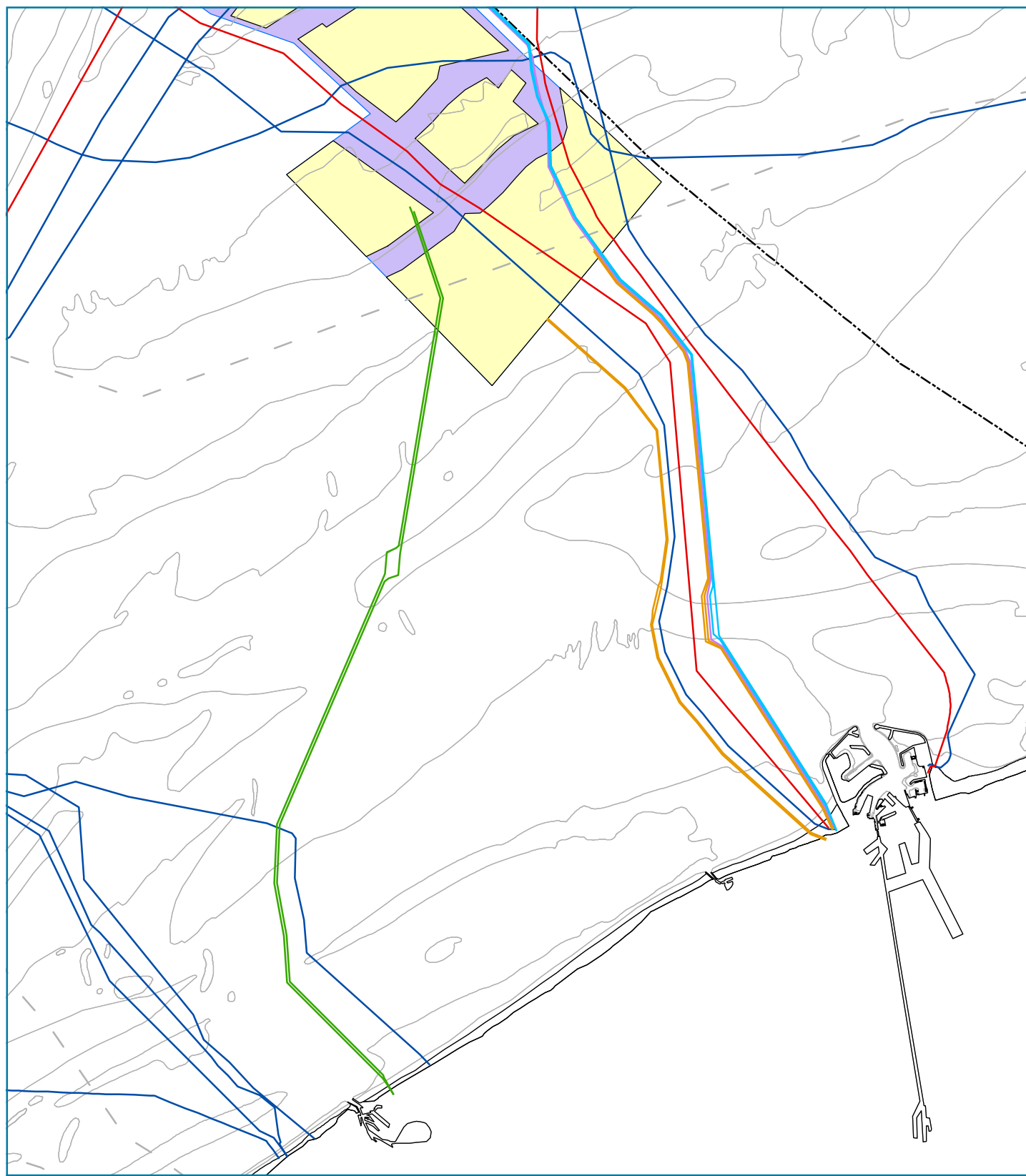


1:500.000

H:\10296_Norther\projecten



KAARTEN HOOFDSTUK 2



- Belgisch deel van de Noordzee
- ▬ Afbakende zone voor windparken
- ▬ Concessiegebieden windparken
- ▬ Belwind exportkabel
- ▬ C-Power exportkabel

- ▬ Eldepasco exportkabel
- ▬ Alternatieven kabeltracé North Sea Power
- ▬ Gasleidingen
- ▬ Telecommunicatiekabels
- ▬ Buiten gebruik zijnde kabels

Kaart° 2.4.1 | REV.D | 04/2011



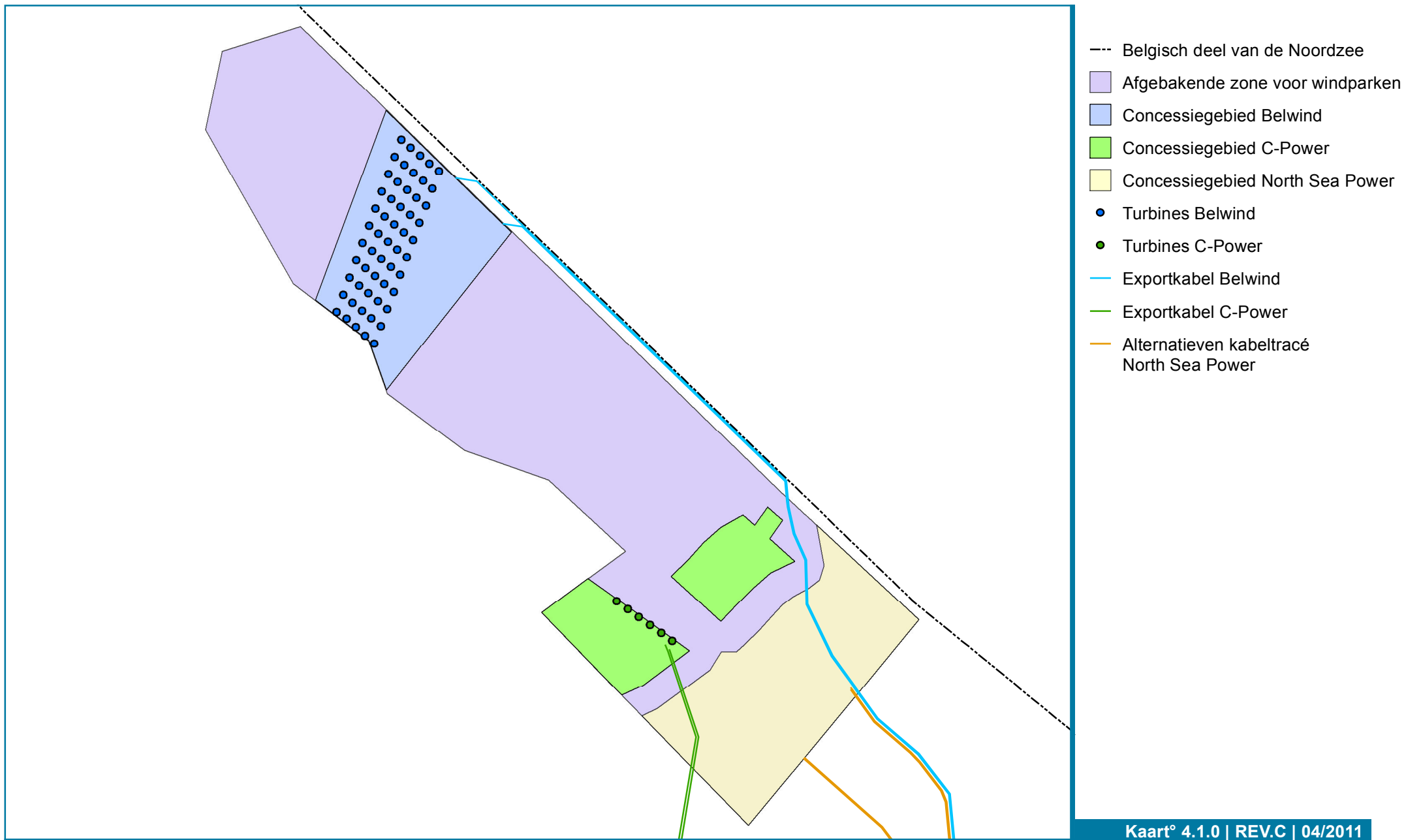
1:200.000

F:\data\standaardisatie\2008juni\ArcView\A4staand.mxd

Alternatieven naar tracé van de exportkabel(s)
Projectnr. 10296 - MER Norther



KAARTEN HOOFDSTUK 4

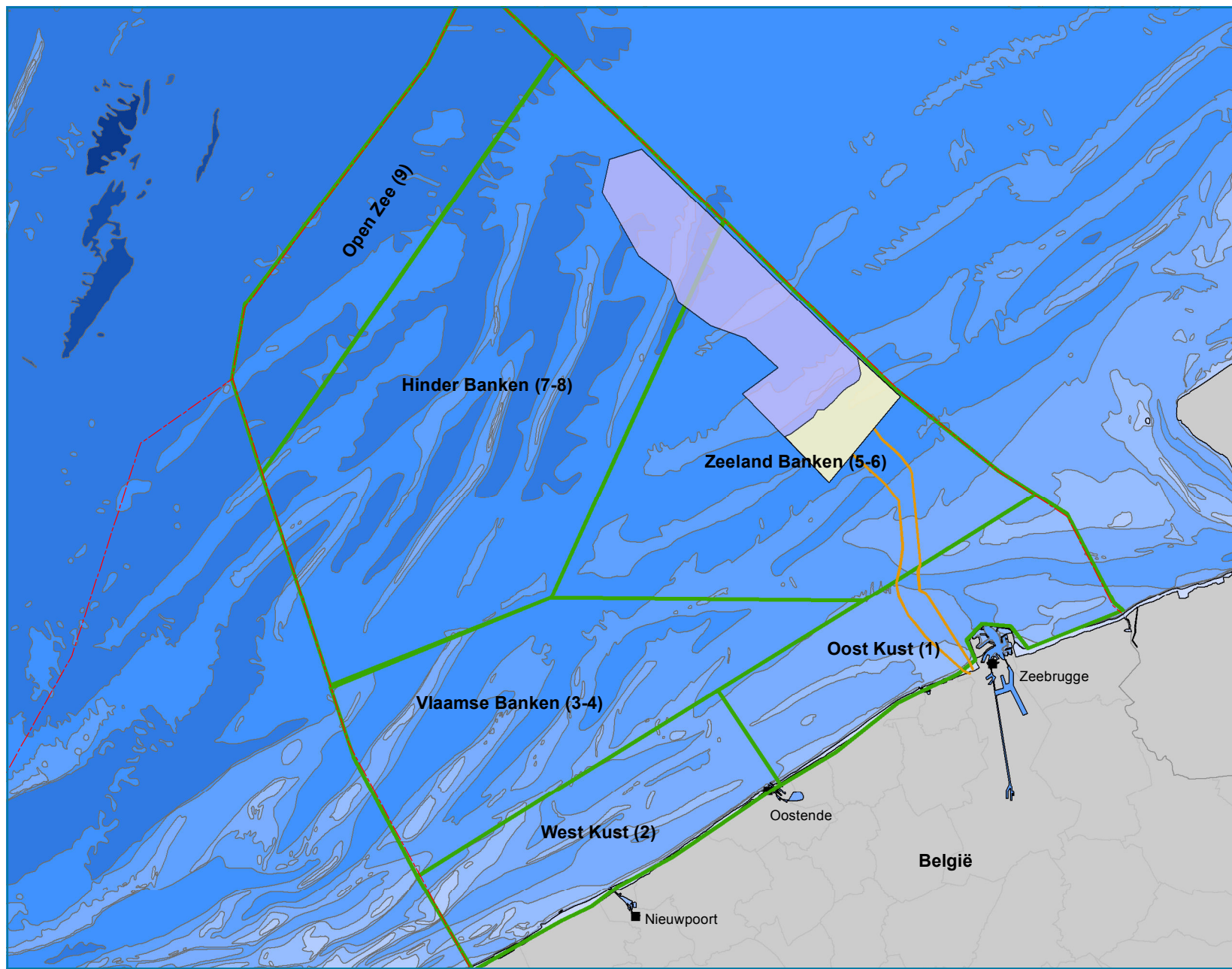


Ligging van de reeds geplaatste windturbines van C-Power en Belwind
Projectnr 10296 - MER Norther



1:181.135

H:\10296_Norther\projecten



- Zandbankgroepen
- Afgbakende zone voor windparken
- Concessiegebied North Sea Power
- Alternatieven kabeltracé North Sea Power

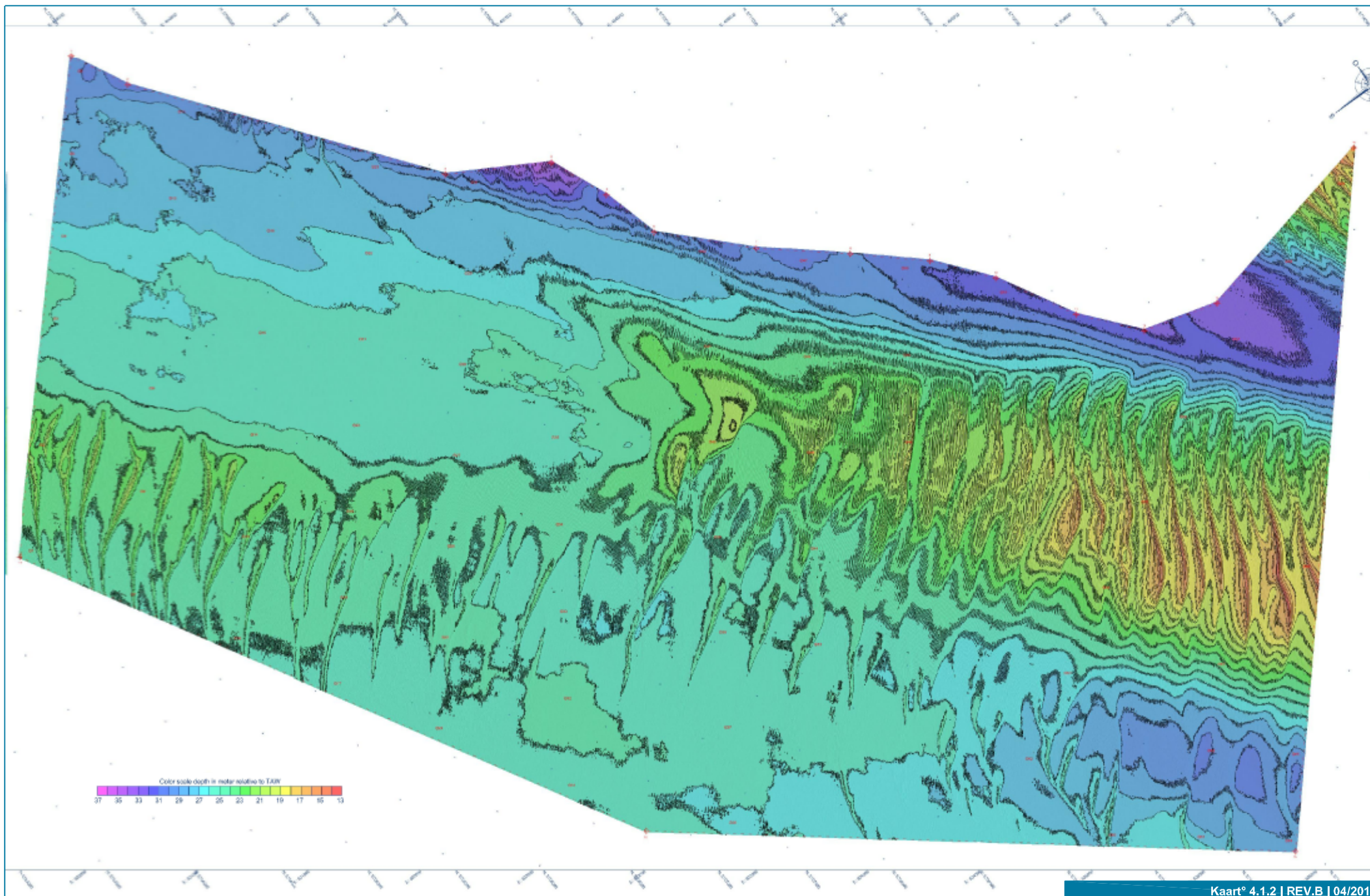
Kaart° 4.1.1 | REV.C | 04/2011

Overzichtskaart Vlaamse Banken, Kustbanken, Zeelandbanken en Hinderbanken
Projectnr 10296 - MER Norther



1:500.000

H:10296_Northerprojecten

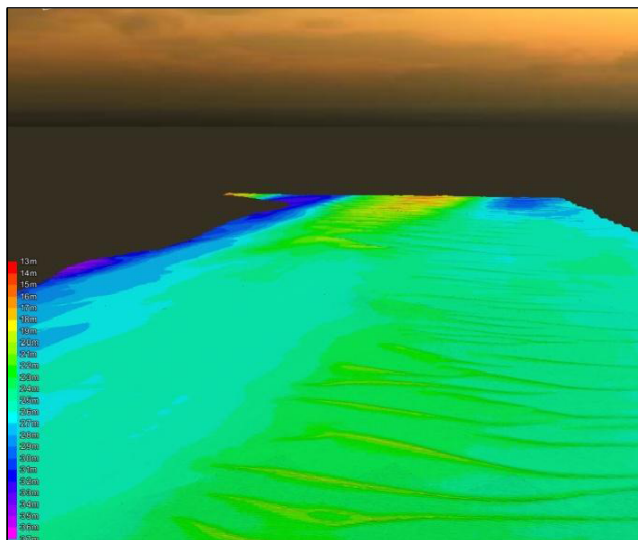


Kaart° 4.1.2 | REV.B | 04/2011

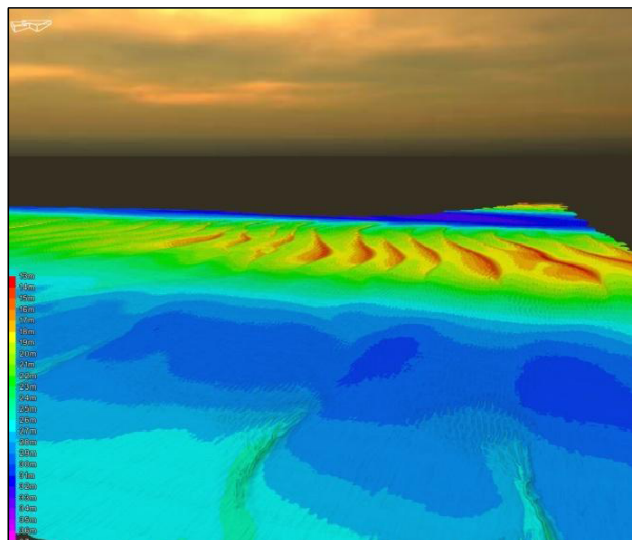
Multibeam data - Bathymetric data North Sea Power Concessiezone (G-tec, 2010)

Projectnr 10296 - MER Northern

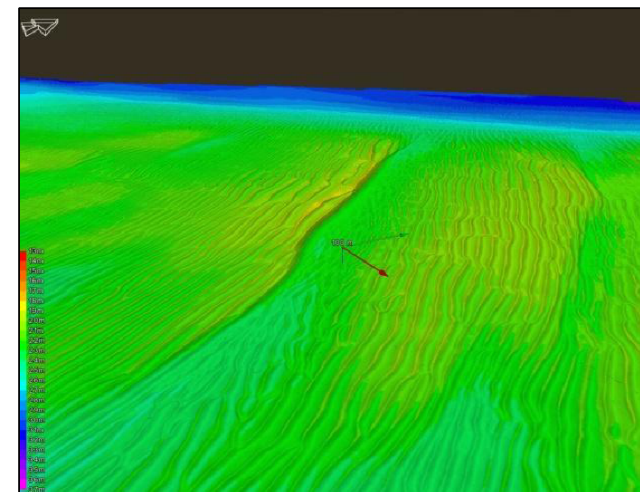




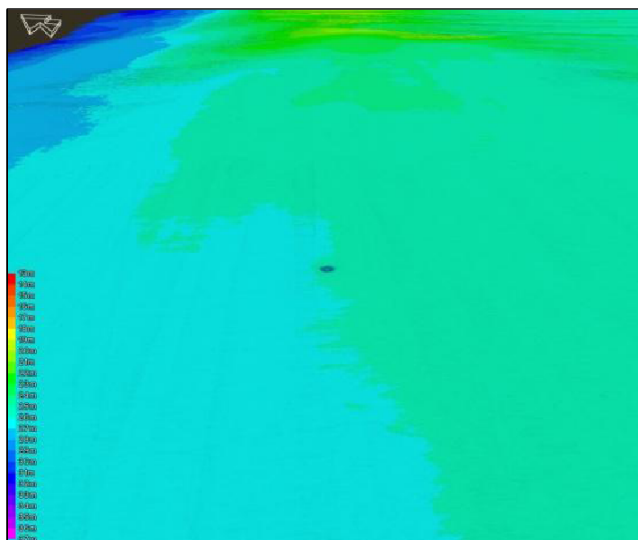
general overview



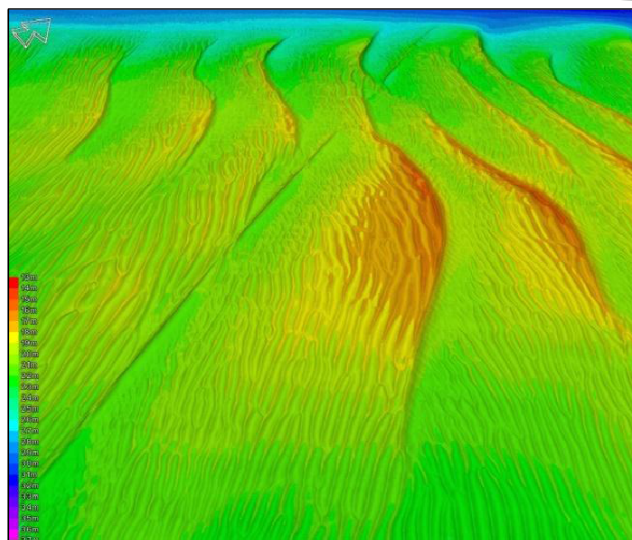
overview of eastern part



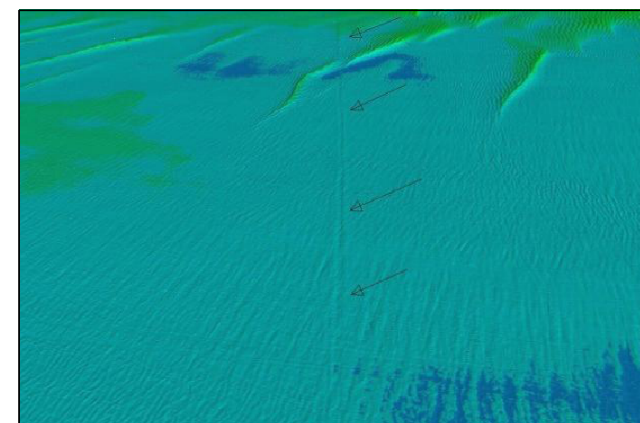
very large dunes superimposed by large dunes



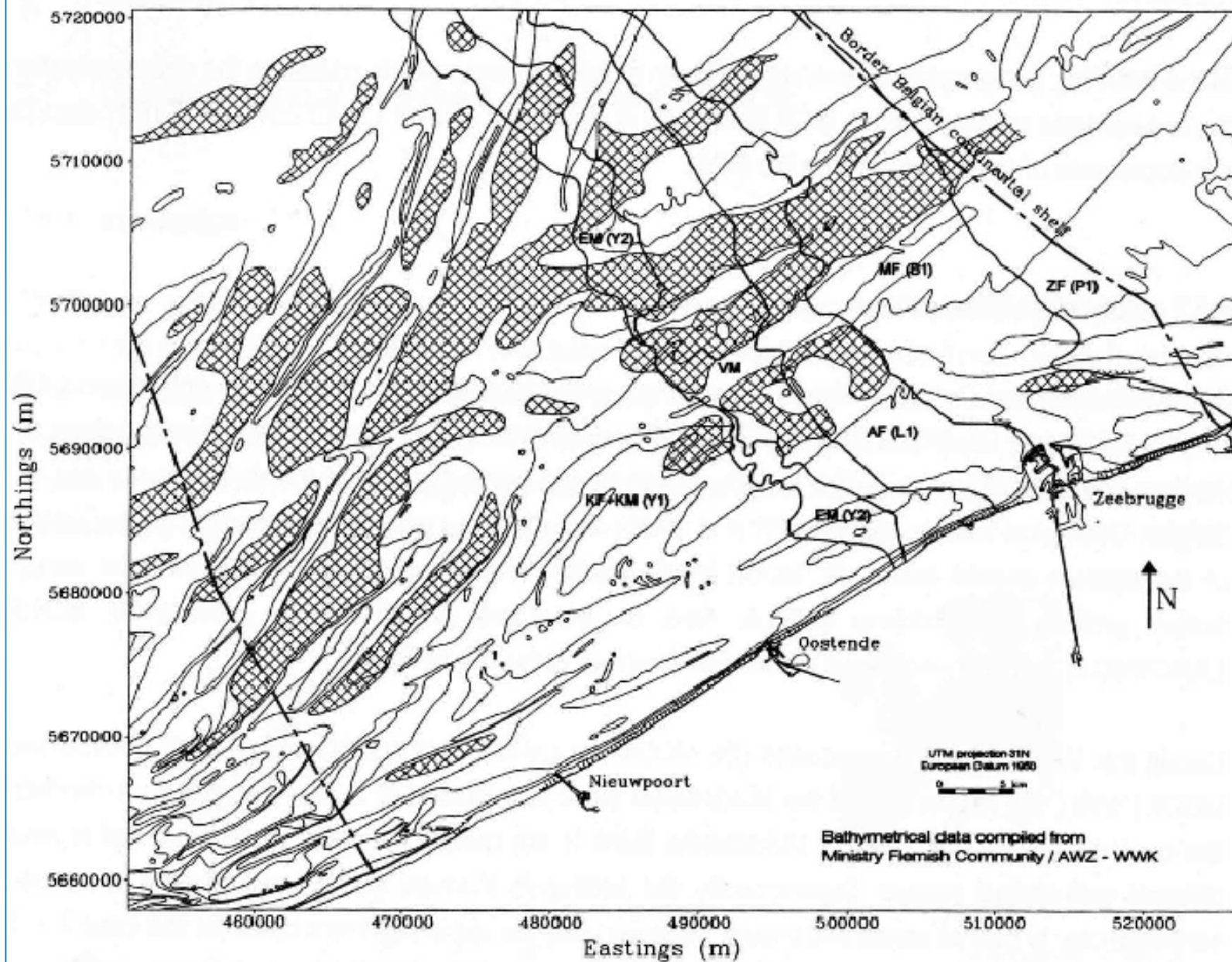
deeper flat part



zeepipe gas pipeline



interconnector gas pipeline

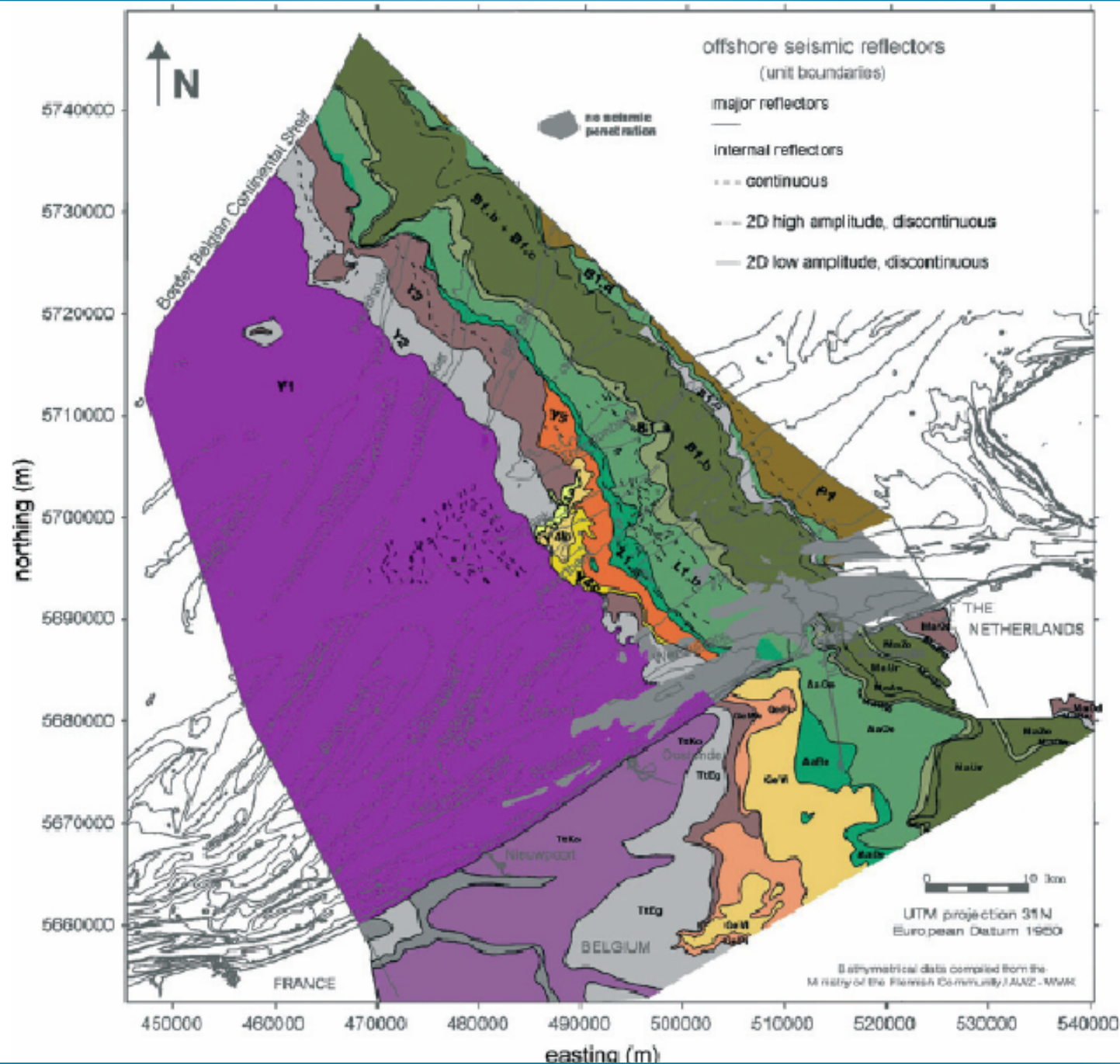


LEGENDE:

Gearceerde zones zijn bedekt door quartaire afzettingen met een dikte < 2.5 m.

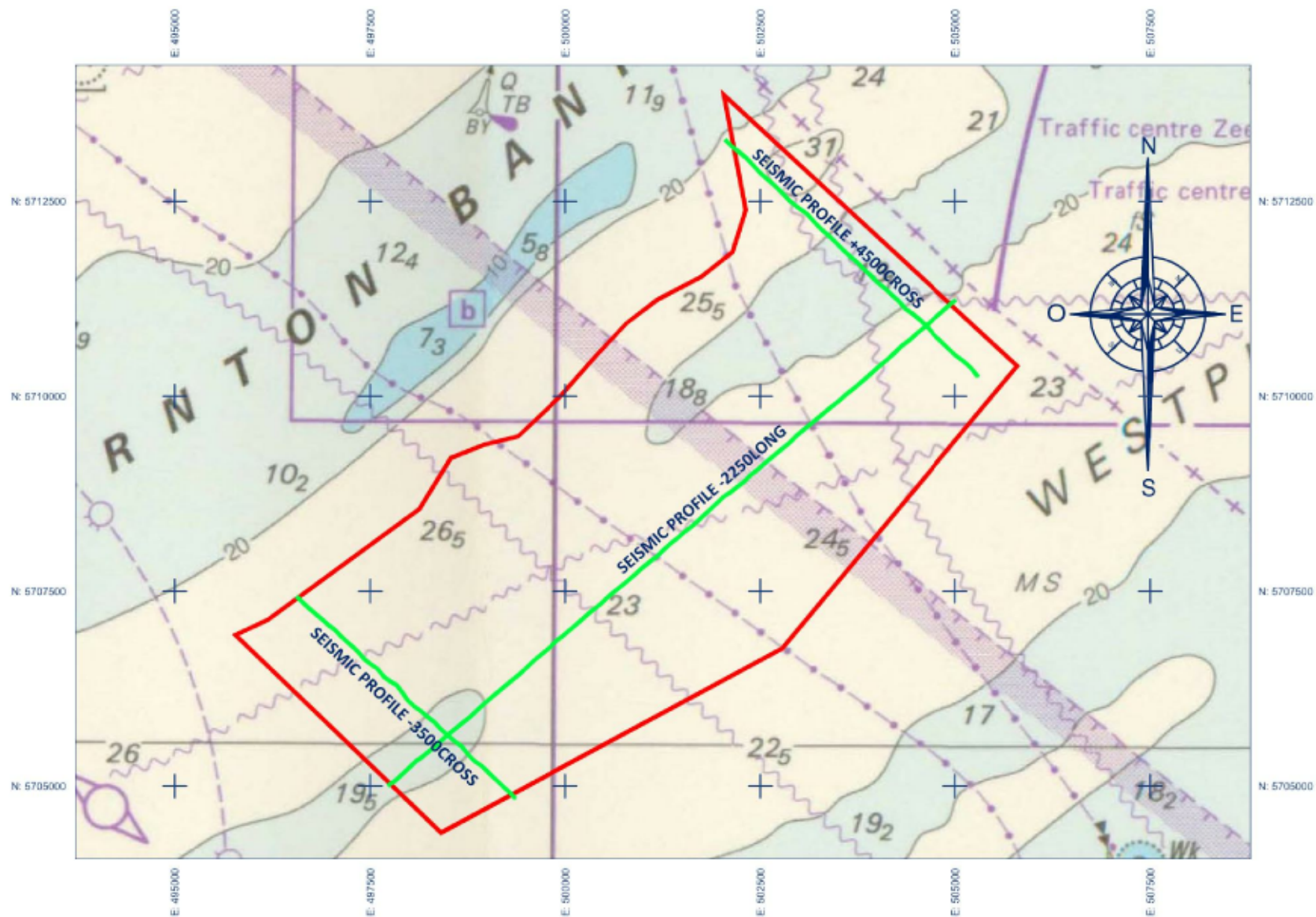
ZF	Zelzate Formatie
MF	Maldegem Formatie
AF	Aalter Formatie
VM	Lid van Vierzele
MPM	Lid van Merelbeke en Pittem
EM	Lid van Egem
KM	Lid van Kortemark
KF	Kortrijk Formatie

LEGENDE:



Kaart° 4.1.5 | REV.A | 12/2010

Afgedekt patroon van de paleogene offshore en onshore seismisch-stratigrafische eenheden (De Batist & Henriët, 1995)
Projectnr 10296 - MER North

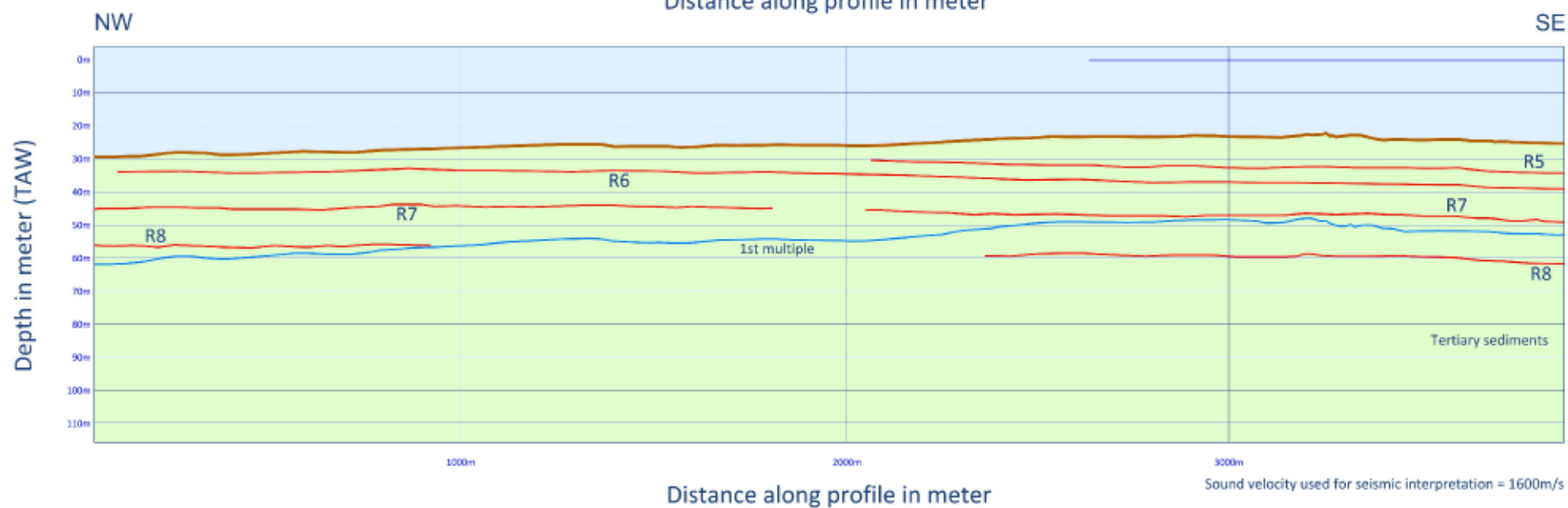
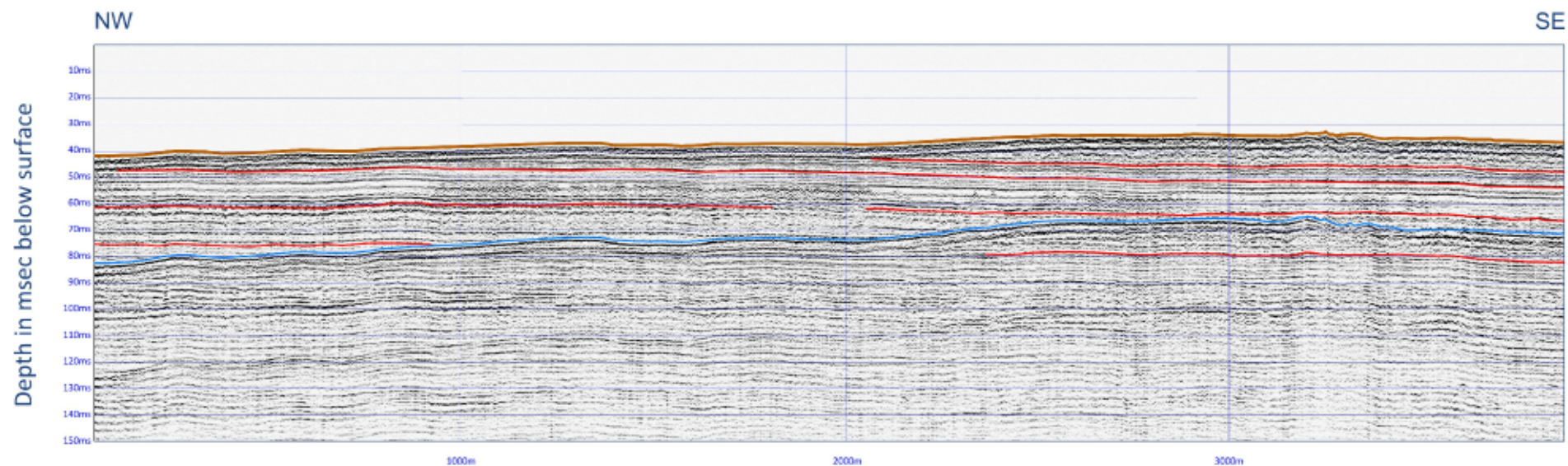


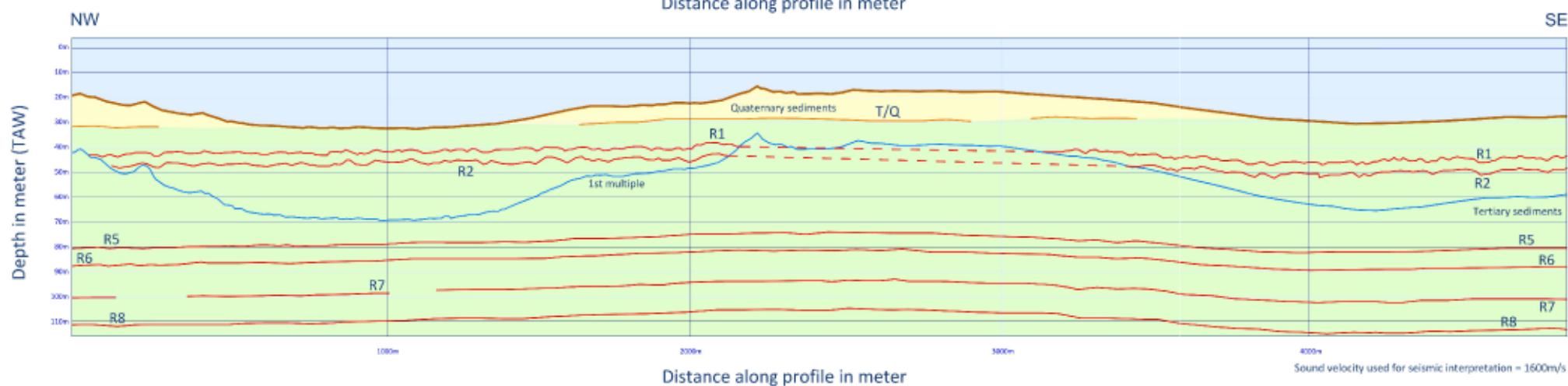
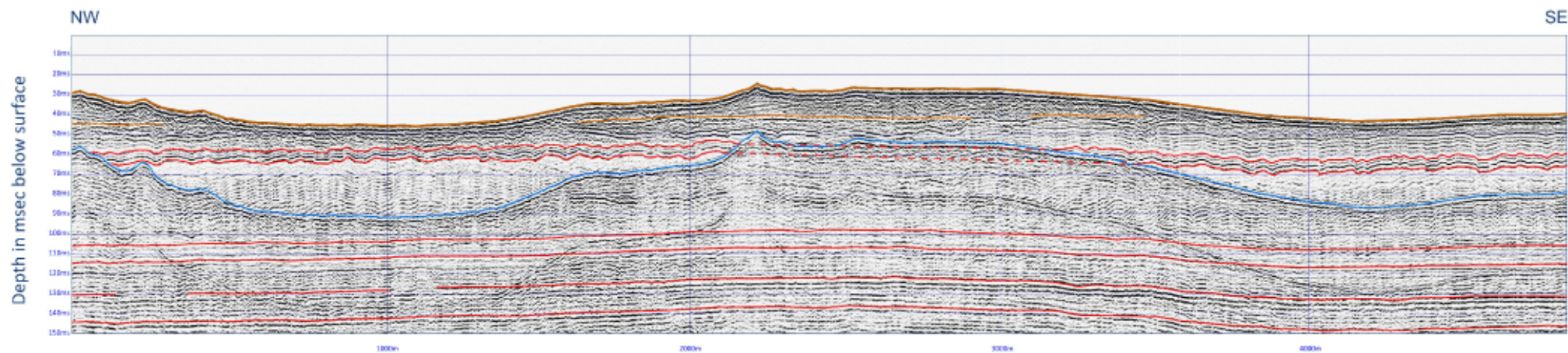
Kaart° 4.1.6 | REV.B | 04/2011

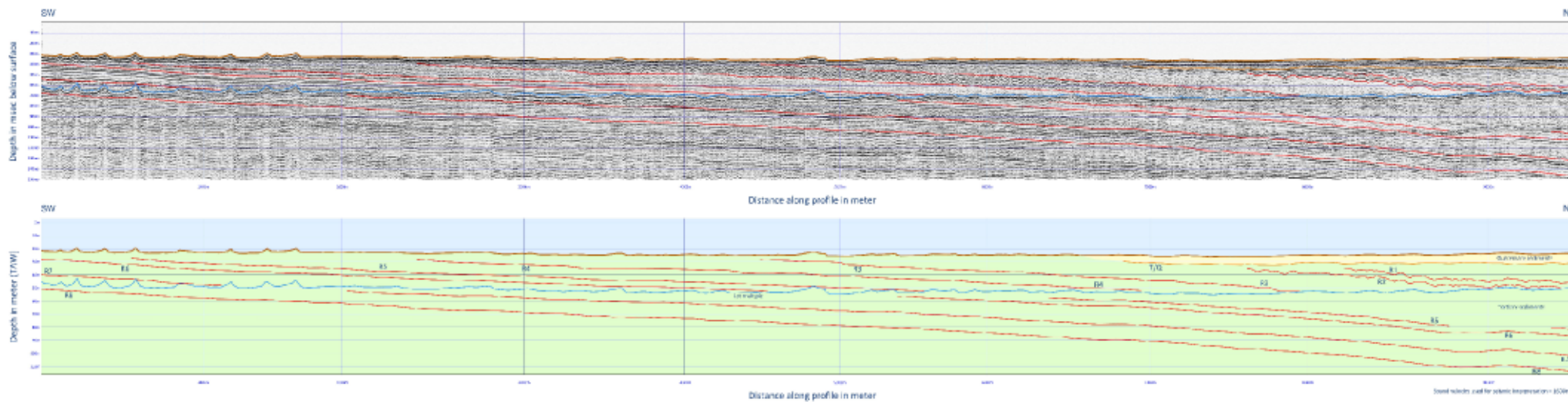
Ligging 3 reflectie-seismische profielen (800 Hz sparker - zomer 2010) in consessiegebied North Sea Power (G-tec, 2010)

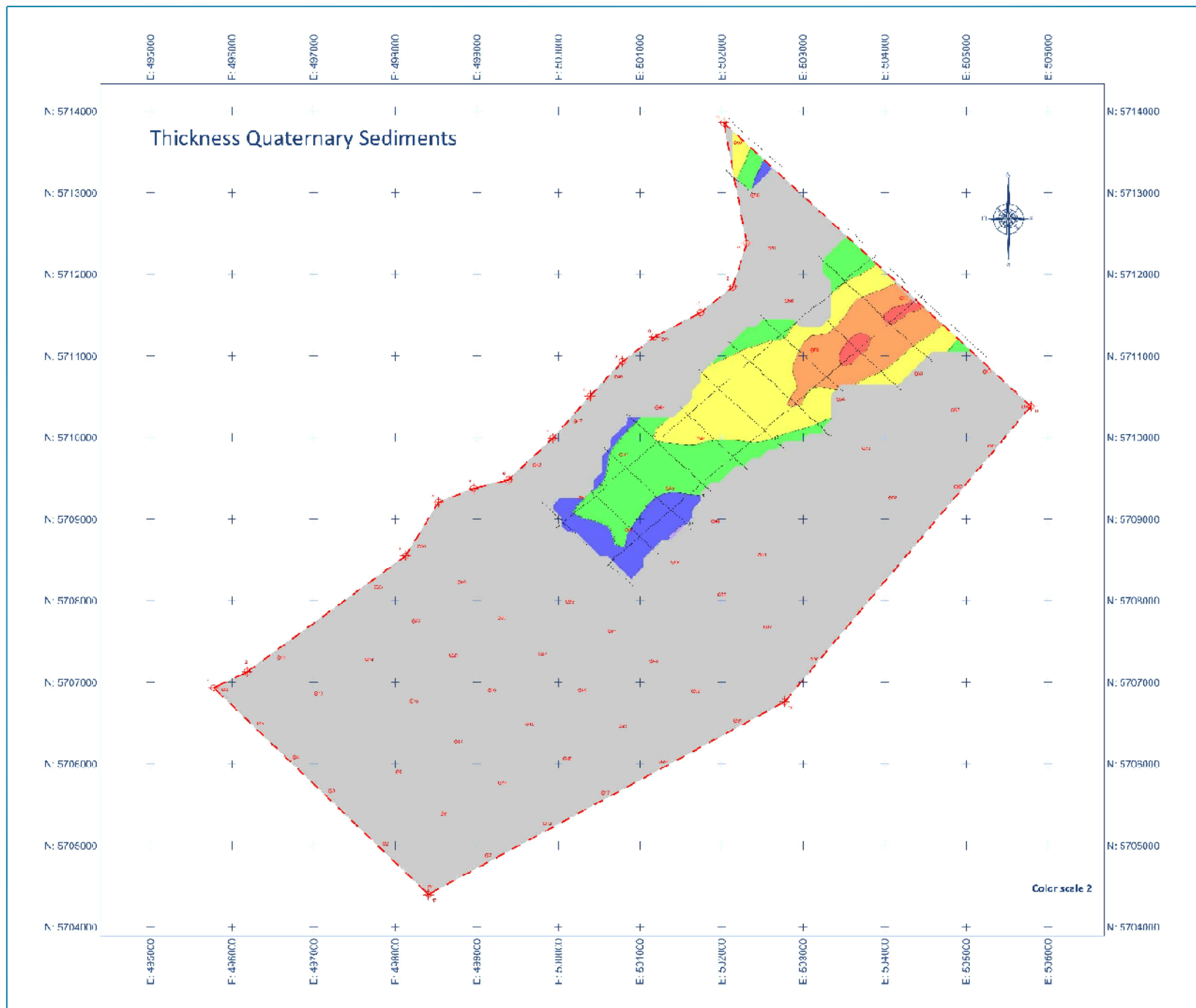
Projectnr 10296 - MER Norther









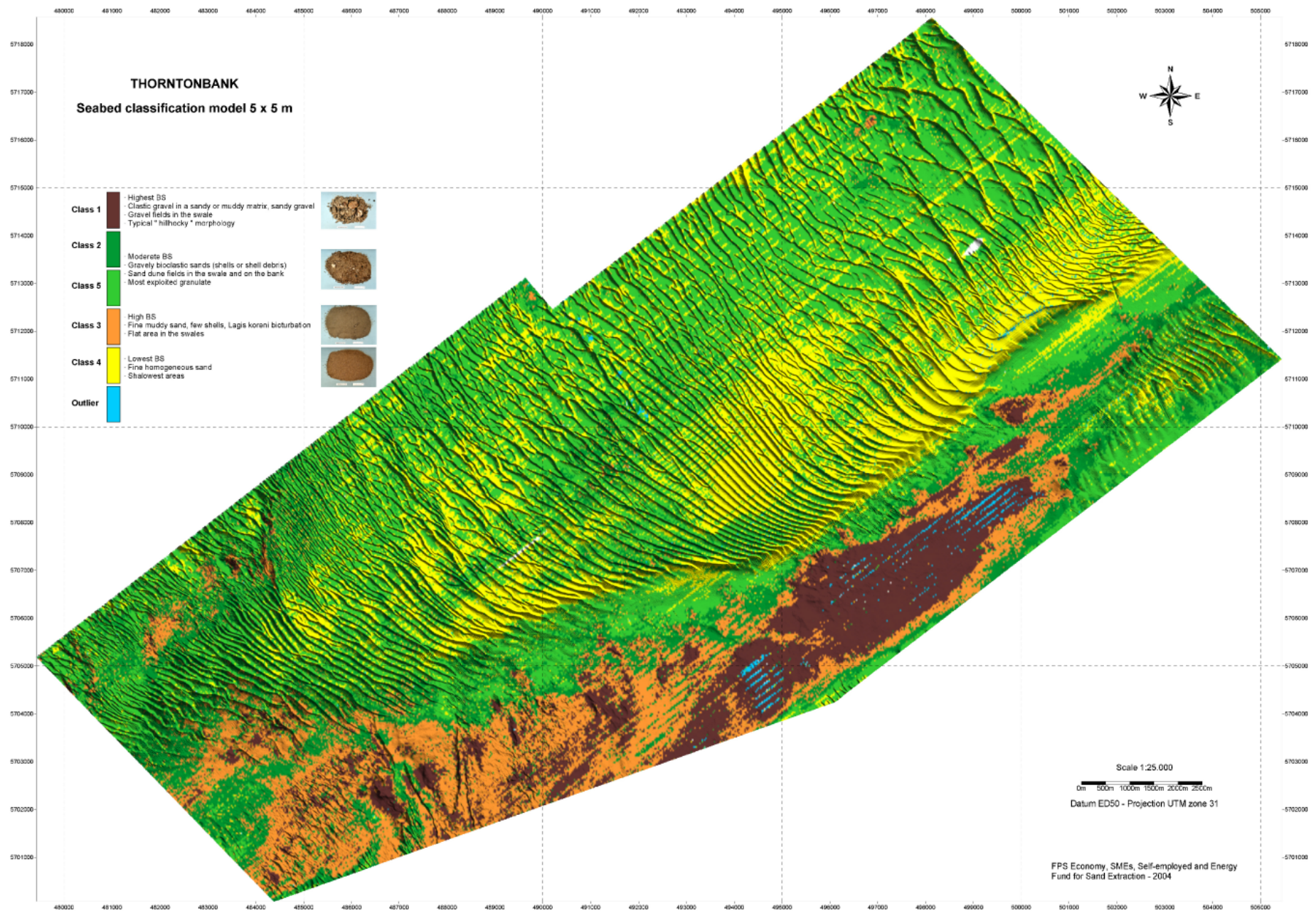


LEGENDE:



Kaart° 4.1.10 | REV.B | 04/2011

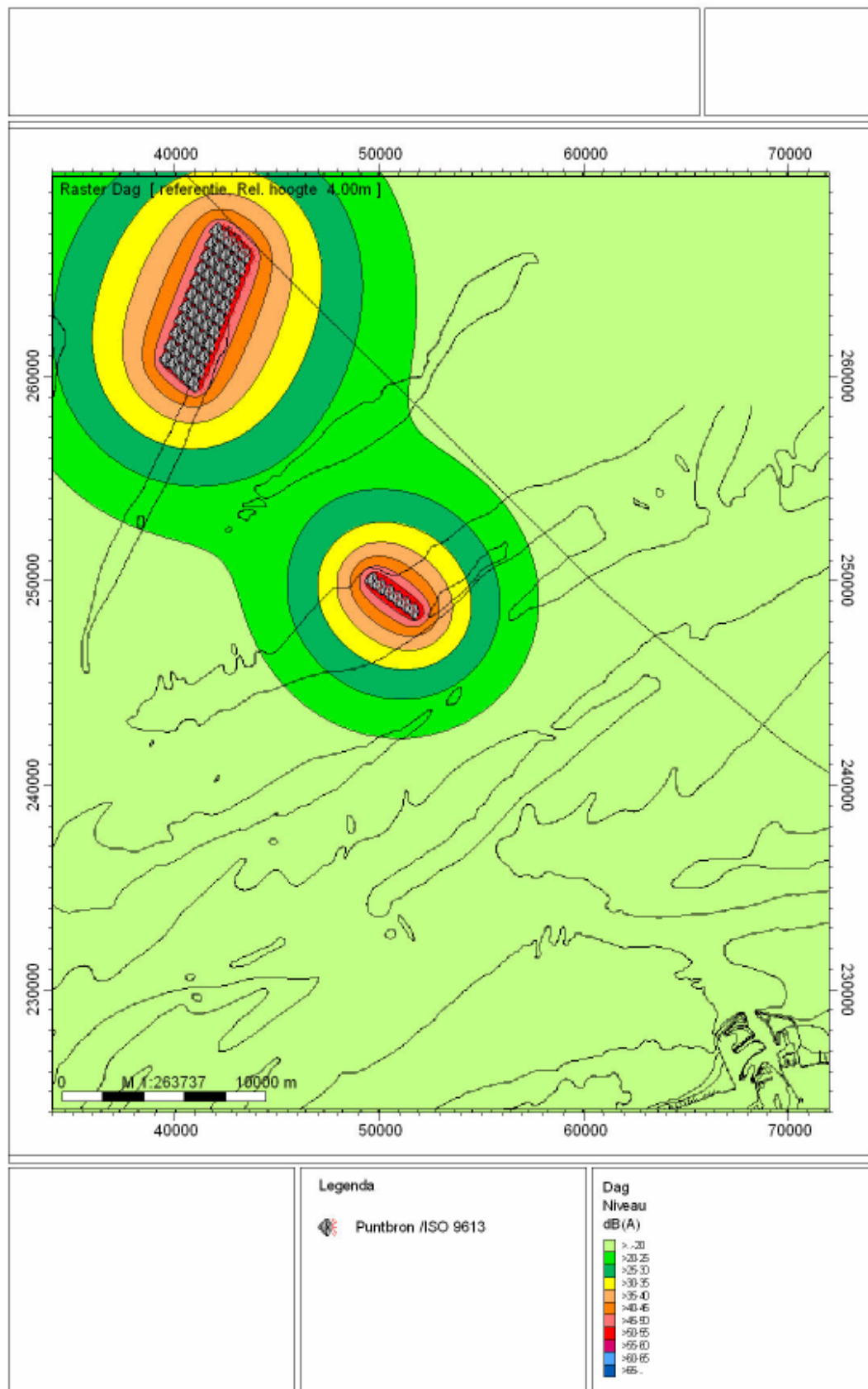
Isopachen (lijnen gelijke dikte) van het Quartair dek t.h.v. de Rabsbank (G-tec, 2010)
Projectnr 10296 - MER Norther



Kaart° 4.1.11 | REV.A | 12/2010

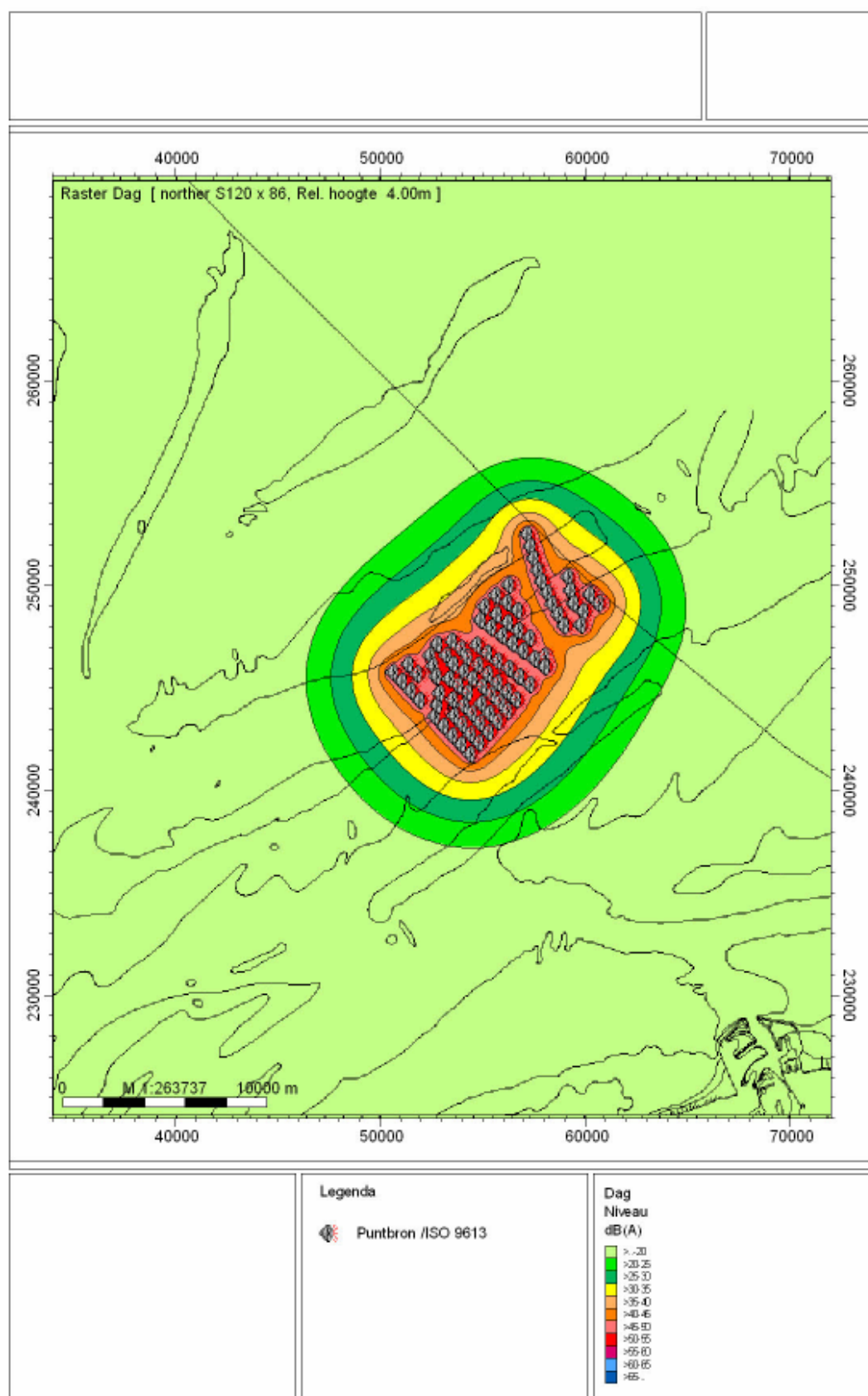
BS-kaart Thorntonbank met sedimentprognoses (bron: Degrendele et al., 2003)
Projectnr 10296 - MER Norther





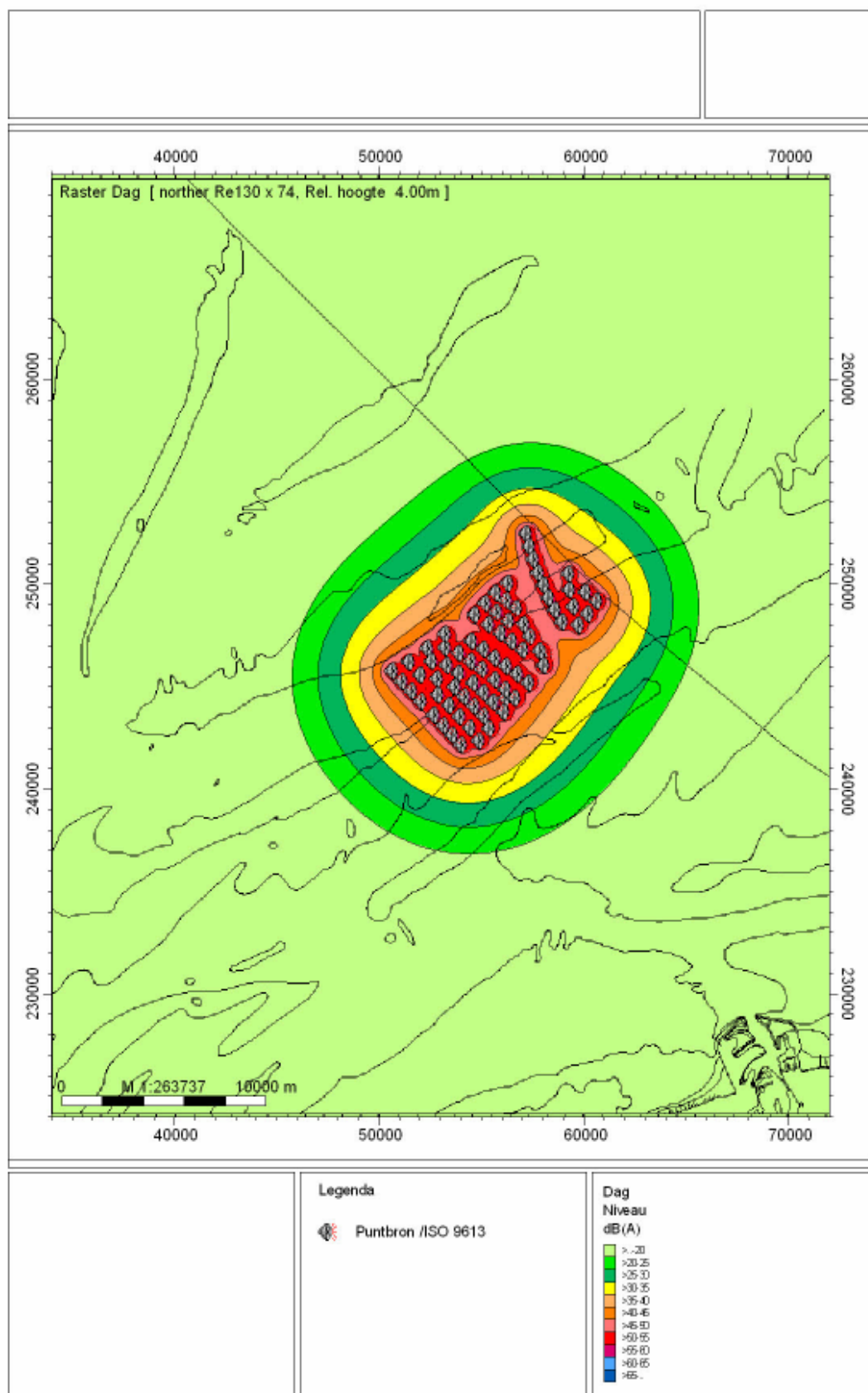
Q:\Arcadis\projecten\Projecten 10150-10499\102 ... \immi norther 6.IPR / 8/04/2011 / 15:53 - 1 -

Kaart 4.5.1: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de reeds aanwezige windturbines met name de 55 turbines van Belwind (3 MW) en de 6 turbines van C-Power (5 MW) berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel



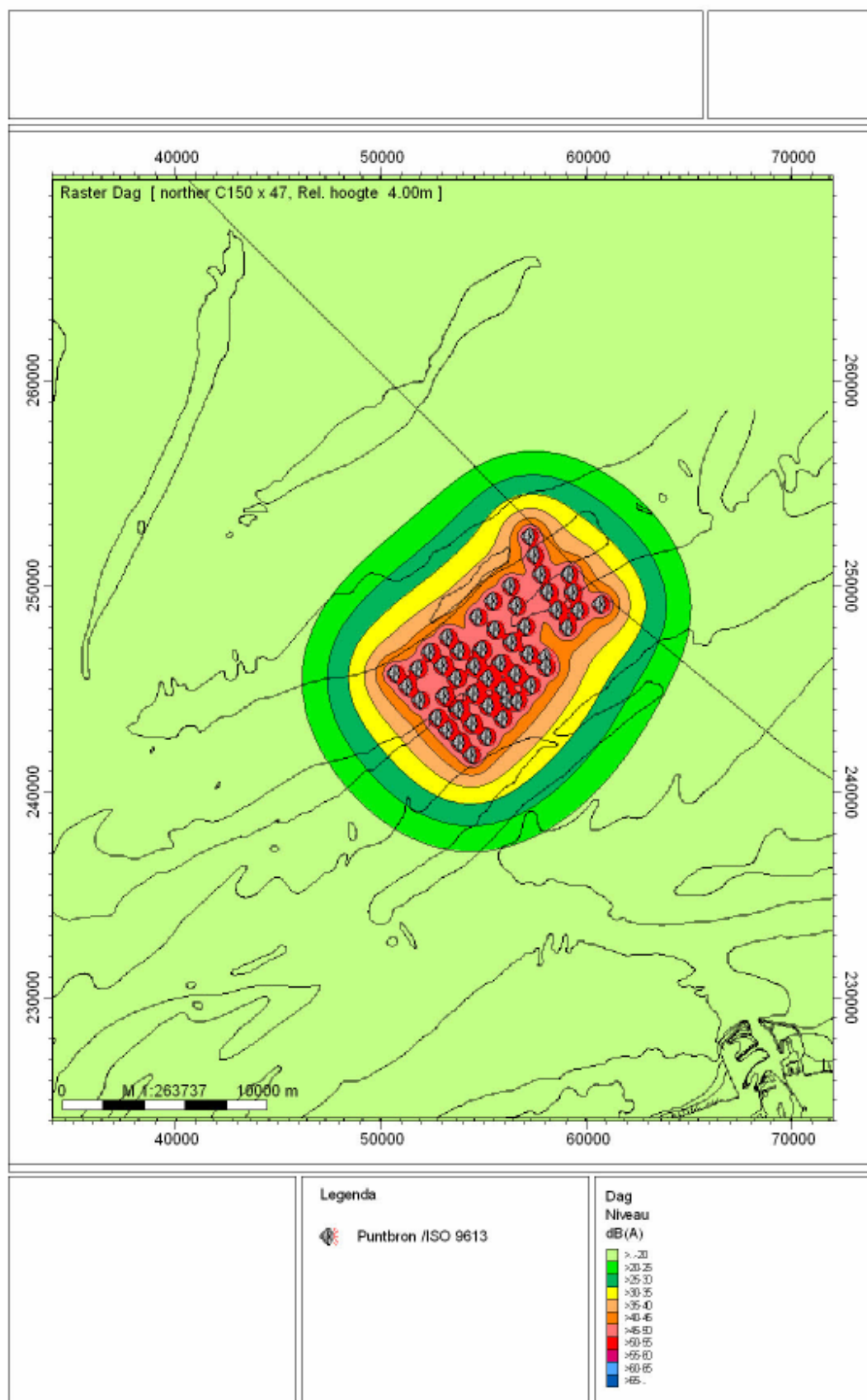
Q:\Arcadis\projecten\Projecten 10150-10499\102 ... \immi norther 6.IPR / 8/04/2011 / 15:24 - 1 -

Kaart 4.5.2: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark met 86 windturbines van 3-3,6 MW windturbines (configuratie 1) boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.



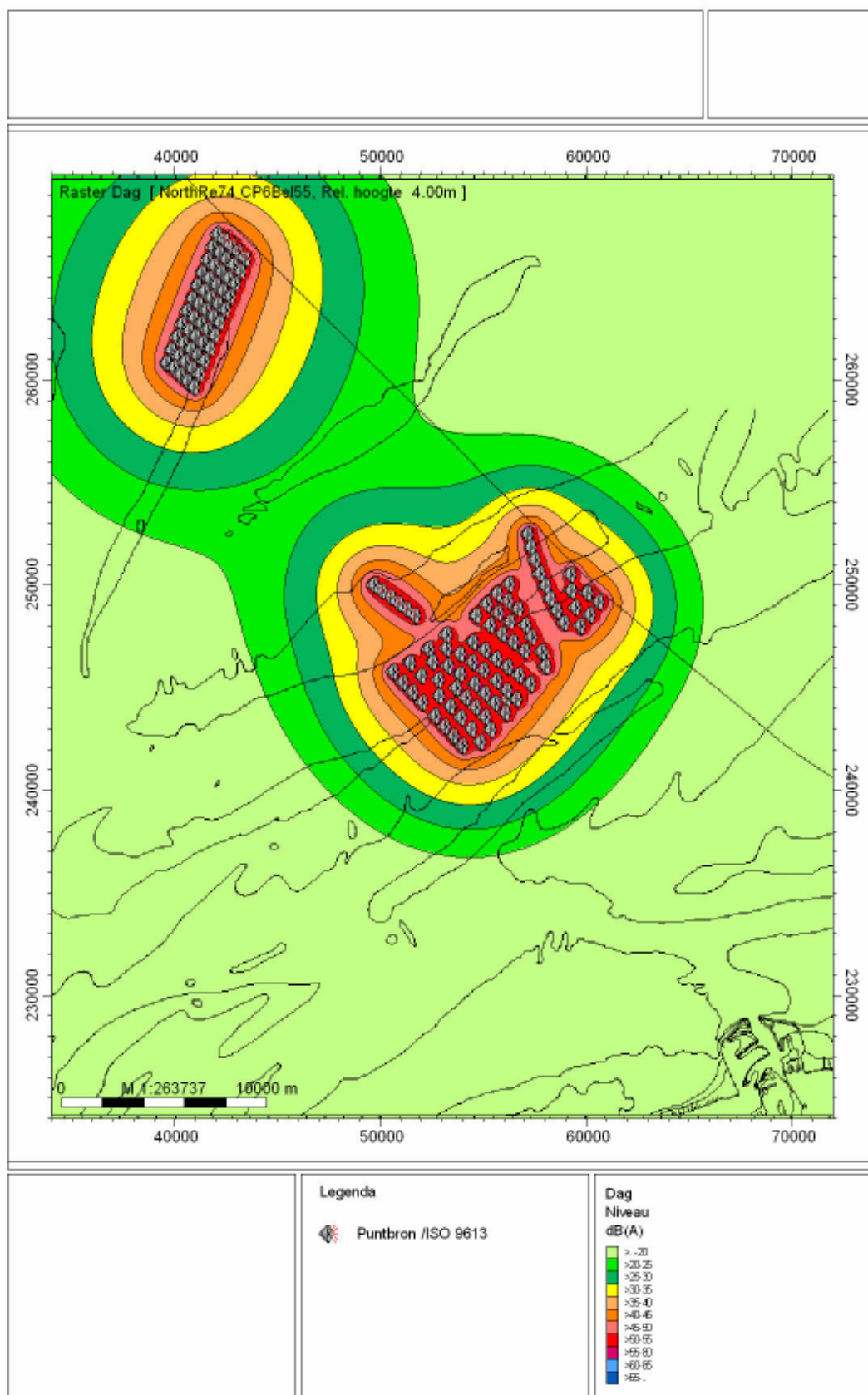
Q:\Arcadis\projecten\Projecten 10150-10499\102 ... \immi norther 6.IPR / 8/04/2011 / 15:11 - 1 -

Kaart 4.5.3: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark met 74 windturbines van 5-6 MW windturbines (configuratie 2) boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.



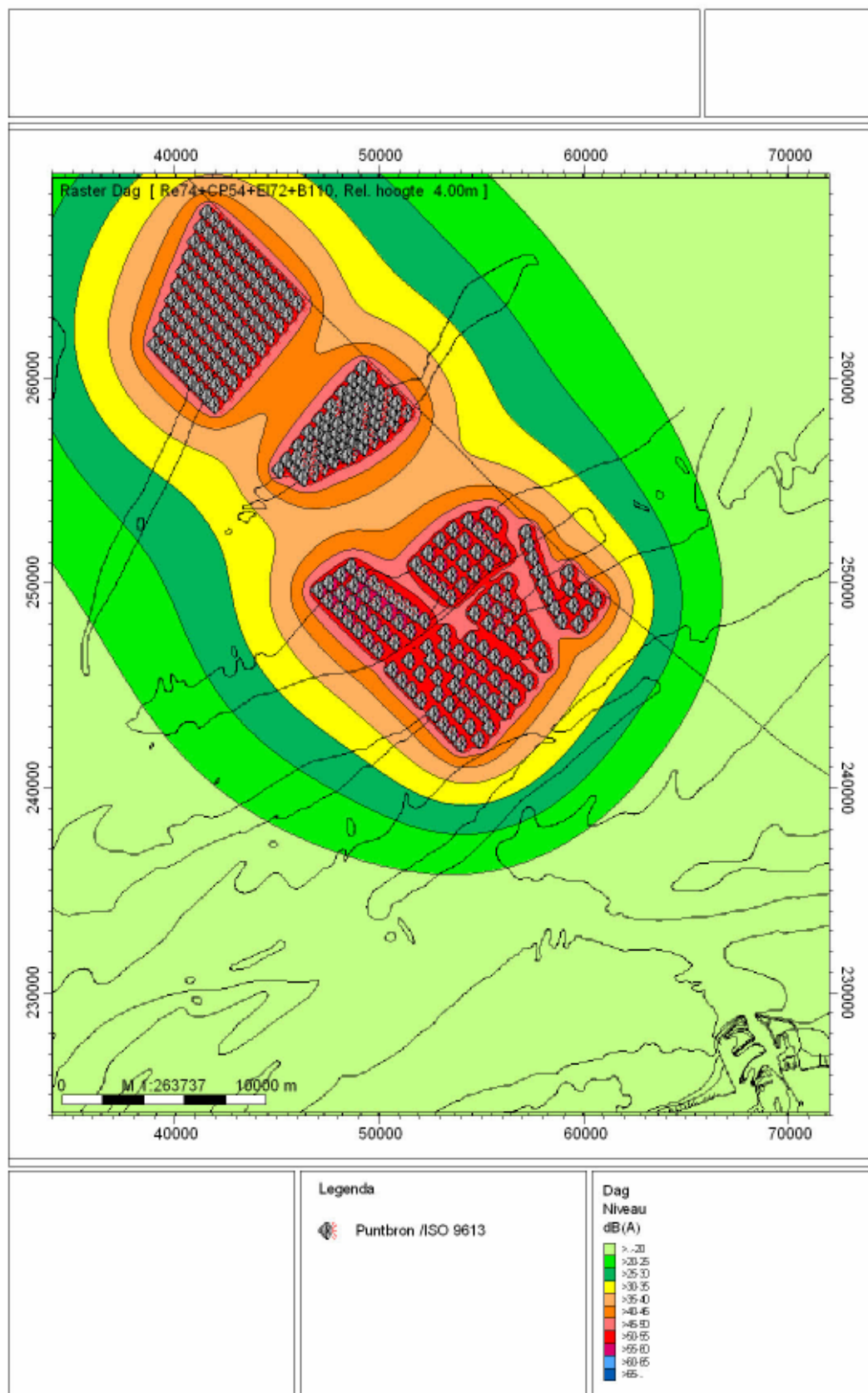
Q:\Arcadis\projecten\Projecten 10150-10499\102 ... \immi norther 6.IPR / 8/04/2011 / 15:14 - 1 -

Kaart 4.5.4: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark met 47 windturbines van 7,5-10 MW windturbines (configuratie 3) boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.



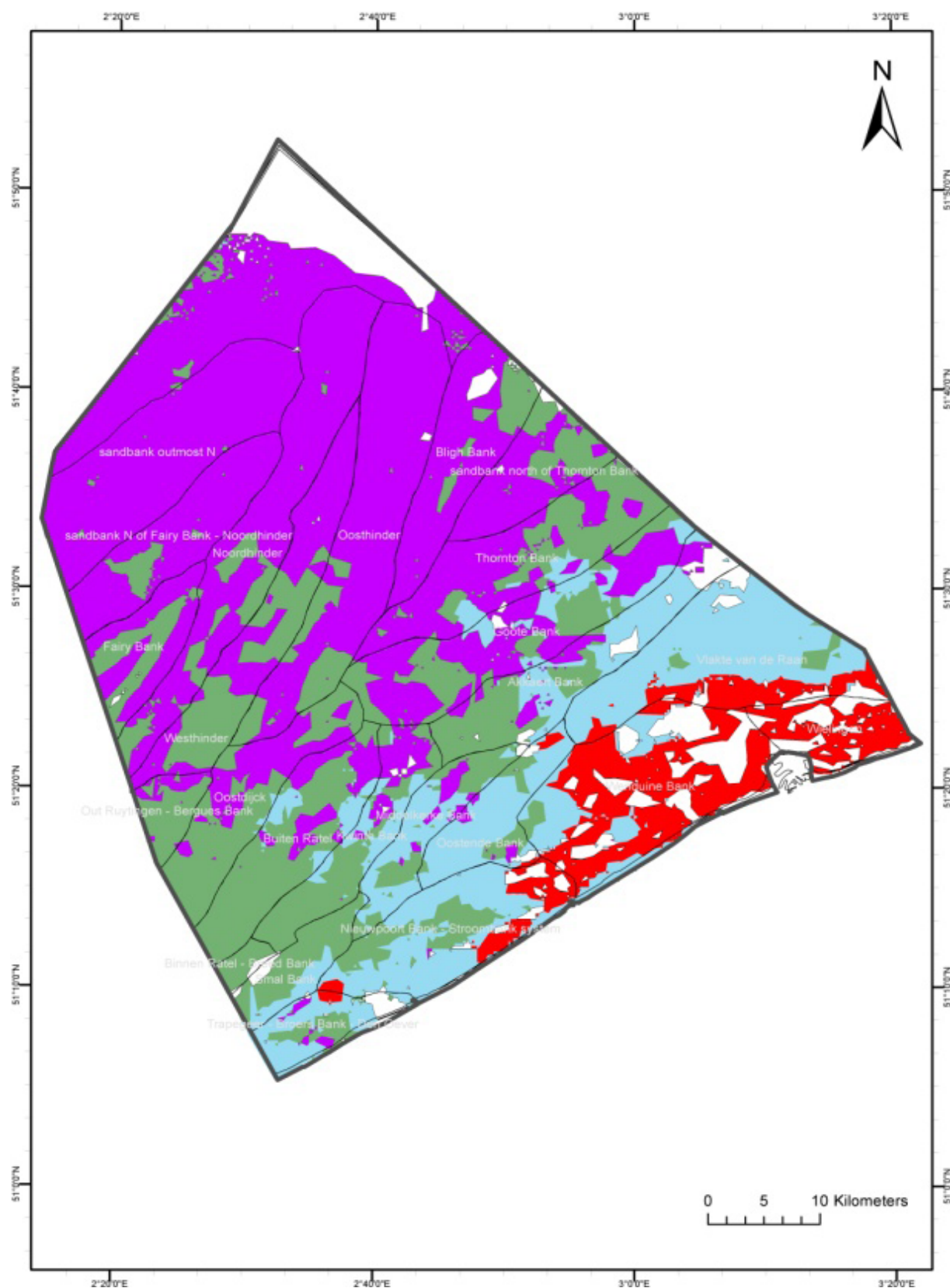
Q:\Arcadis\projecten\Projecten 10150-10499\102 ... \immi norther 6.IPR / 8/04/2011 / 16:41 - 1 -

Kaart 4.5.5: Geluidscontouren van het specifieke geluid van het North Sea Power windpark voor de worst case configuratie 2 (74 x 5-6 MW) wanneer de reeds bestaande situatie (55 turbines van Belwind (3MW) en 6 turbines van C-Power (5 MW)) mee in rekening werd gebracht, boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.

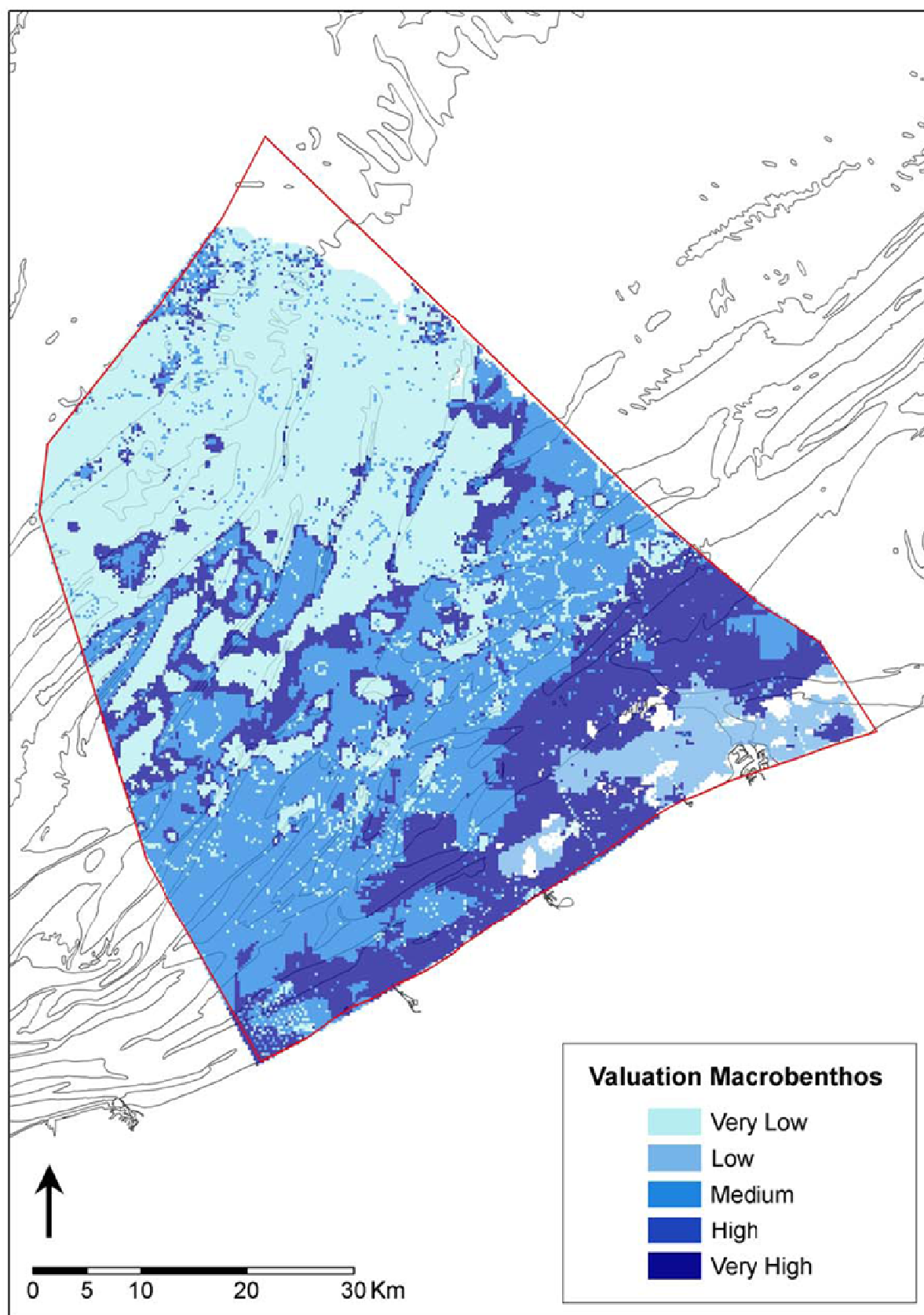


Q:\Arcadis\projecten\Projecten 10150-10499\102 ... \immi norther 6.IPR / 8/04/2011 / 16:25 - 1 -

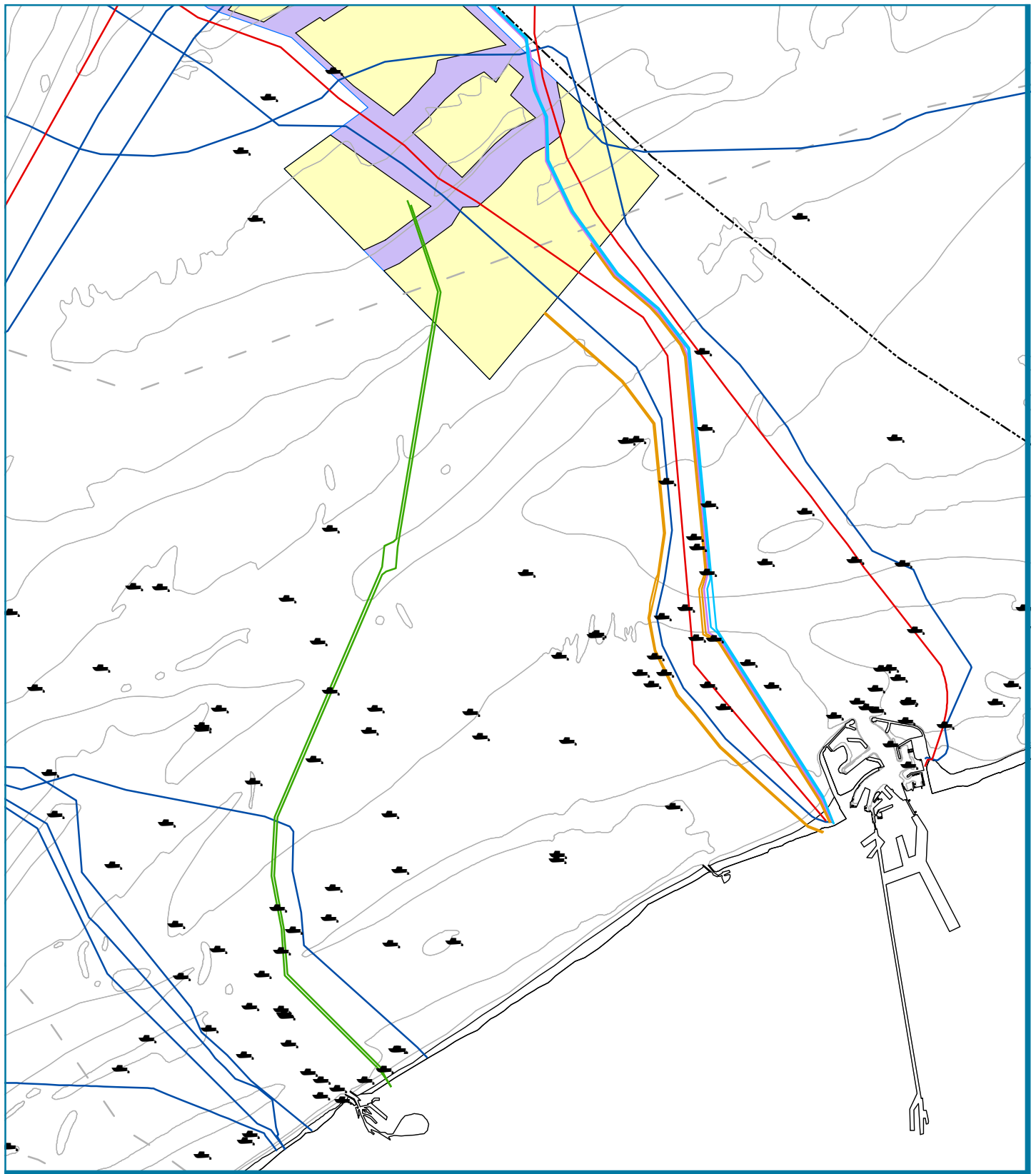
Kaart 5.3.1: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de cumulatieve situatie wanneer het North Sea Power windpark (worst case configuratie 2: 74 x 5-6 MW), het 'Belwind' windpark (110 turbines van 3MW), het 'C-Power' windpark (54 turbines van 5 à 6 MW) en het 'Eldepasco' windpark (72 turbines van 3 MW) in werking zullen zijn, boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.



Kaart 4.6.1 : Geografische verdeling van de verschillende biotopen (rood: *Macoma balthica*, blauw: *Abra alba*, groen: *Nephtys cirrosa* en paars: *Ophelia limacina* biotoop; wit: onvoorspeld gebied, niet geanalyseerd) in het Belgisch deel van de Noordzee, met aanduiding van de 24 onderzochte zandbanken (Degraer *et al.* 2009b).



Kaart 4.6.2: Waarderingkaart BDNZ op basis van de voorkomende macrobenthos gemeenschappen (Deraus *et al.*, 2007)



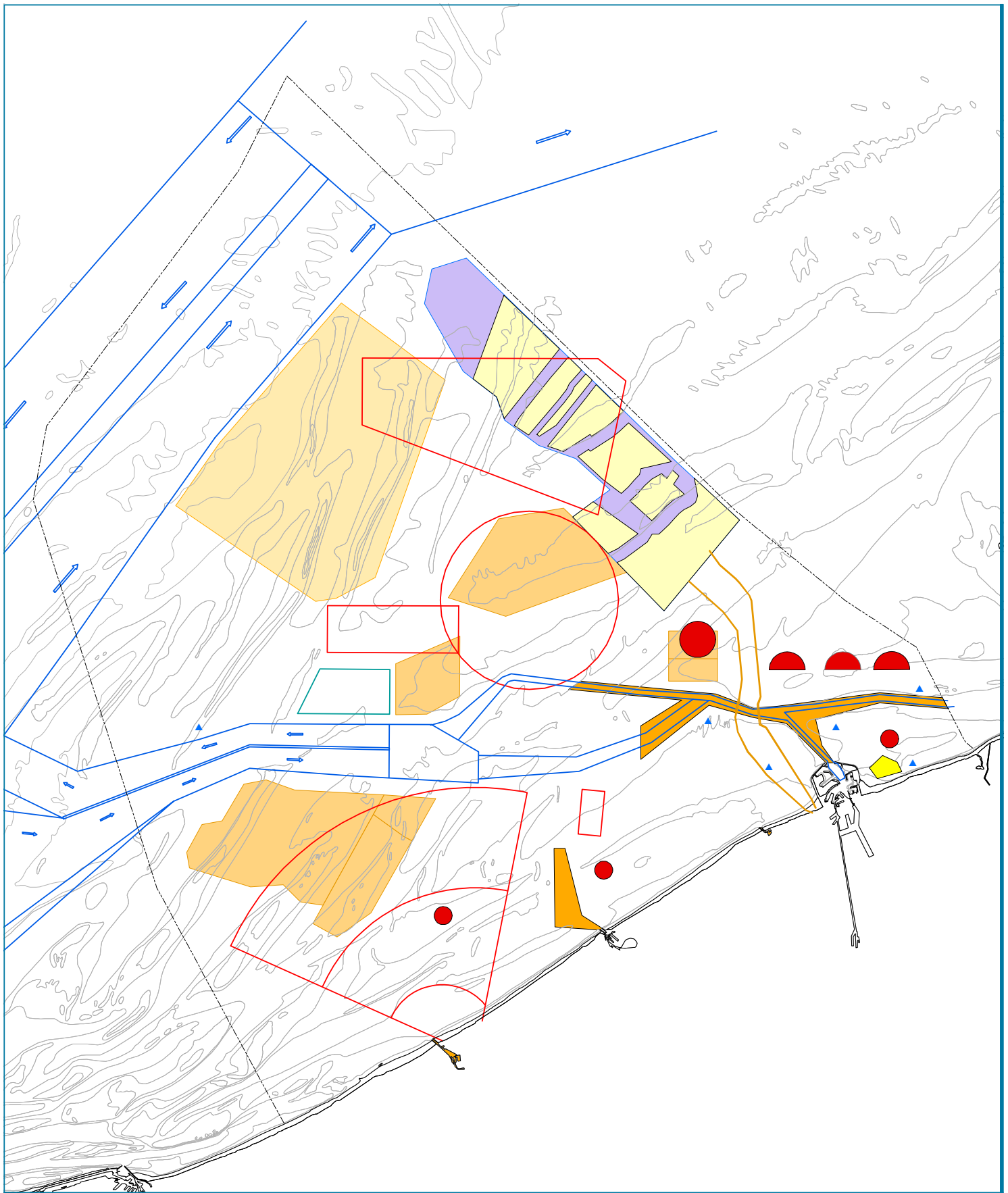
- | | | | |
|-----|----------------------------------|-----|--|
| --- | Belgisch deel van de Noordzee | --- | Eldepasco exportkabel |
| | Afgebakende zone voor windparken | --- | Alternatieven kabeltracé North Sea Power |
| | Concessiegebieden windparken | --- | Gasleidingen |
| | Scheepswrakken | --- | Telecommunicatiekabels |
| --- | Belwind exportkabel | --- | Buiten gebruik zijnde kabels |
| --- | C-Power exportkabel | | |

Kaart° 4.7.1 | REV.D | 04/2011

Ligging van scheepswrakken in het Belgische deel van de Noordzee,
op basis van de inventarisatie van wrakken in het kader van het project
Gaufre (Maes et al., 2005) Projectnr 10296 - MER Norther



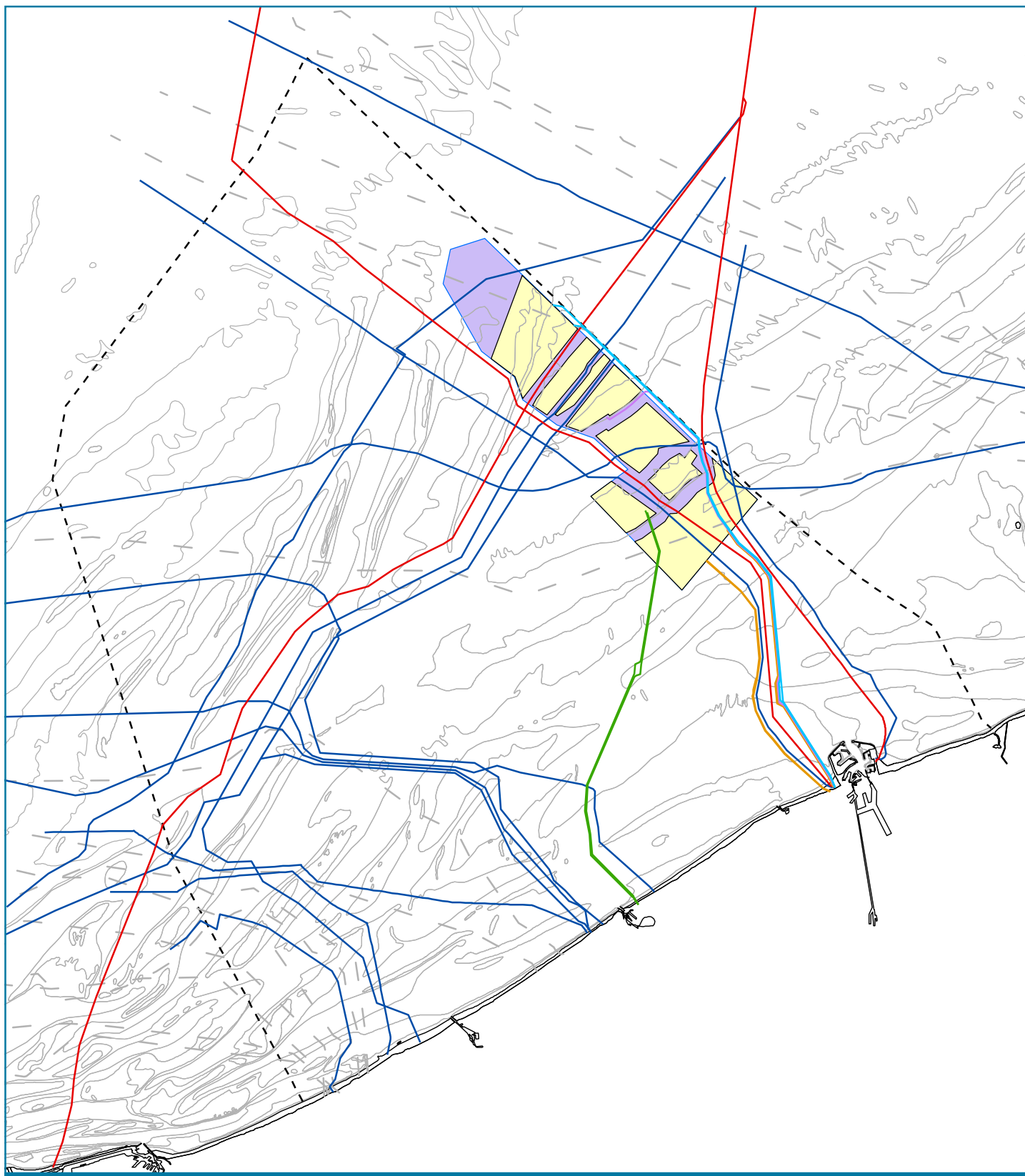
1:200.000



--- Belgisch deel van de Noordzee
 Afgebakende zone voor windparken
 Concessiegebieden windparken

▲ Meteomast
 — Navigationroutes
 — Ankerzone
 — Militaire oefenzones
 — Alternatieven kabeltracé
 North Sea Power

■ Stortplaatsen
 ■ Controlezones van de minerale rijkdommen
 ■ Exploratiezone van de minerale rijkdommen
 ■ Baggerplaatsen
 ■ Paardenmarkt



- Belgisch deel van de Noordzee
- ▬ Afgebakende zone voor windparken
- ▬ Concessiegebieden windparken
- Belwind exportkabel
- C-Power exportkabel

- Eldepasco exportkabel
- Alternatieven kabeltracé North Sea Power
- Gasleidingen
- Telecommunicatiekabels
- Buiten gebruik zijnde kabels

Kaart° 4.8.2 | REV.D | 04/2011



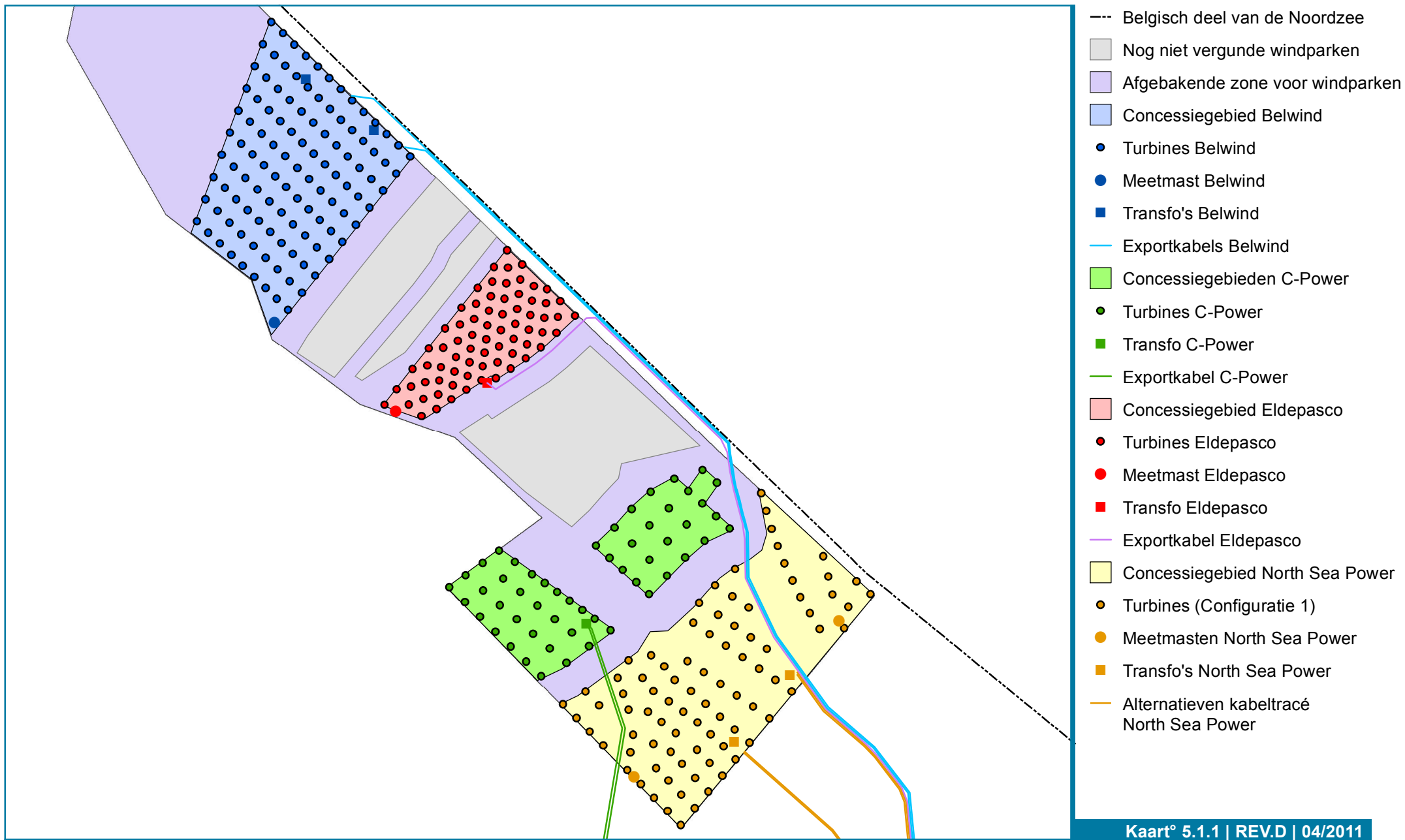
1:450.000

F:\data_standaardisatie\2008juni\ArcView\A4staand.mxd

Kabels en pijpleidingen Belgisch deel van de Noordzee
Projectnr. 10296 - North



KAARTEN HOOFDSTUK 5



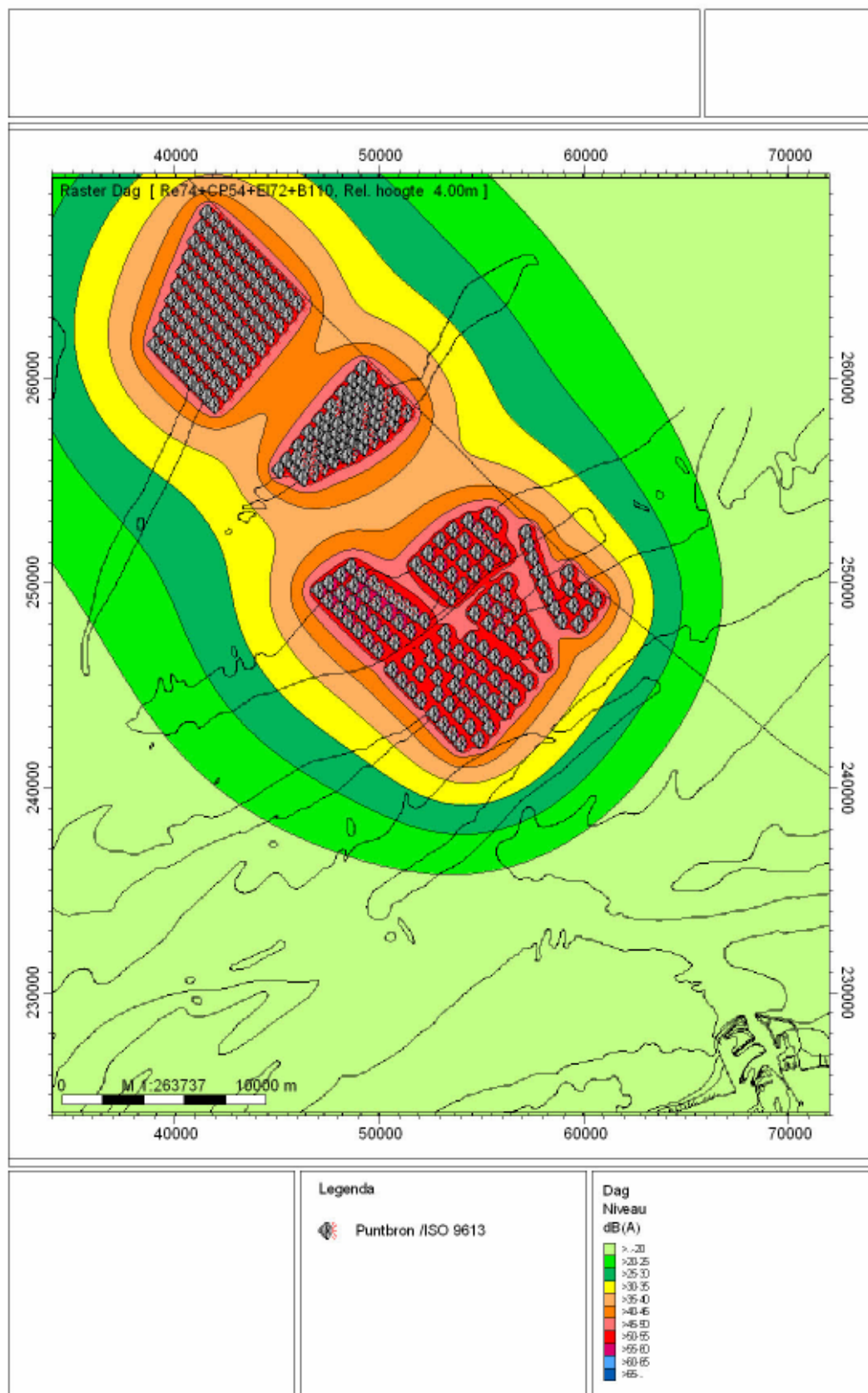
Kaart° 5.1.1 | REV.D | 04/2011

Ligging van de reeds vergunde windparken (C-Power, Belwind en Eldepasco) en van het North Sea Power windpark
Projectnr 10296 - MER Norther



1:160.000

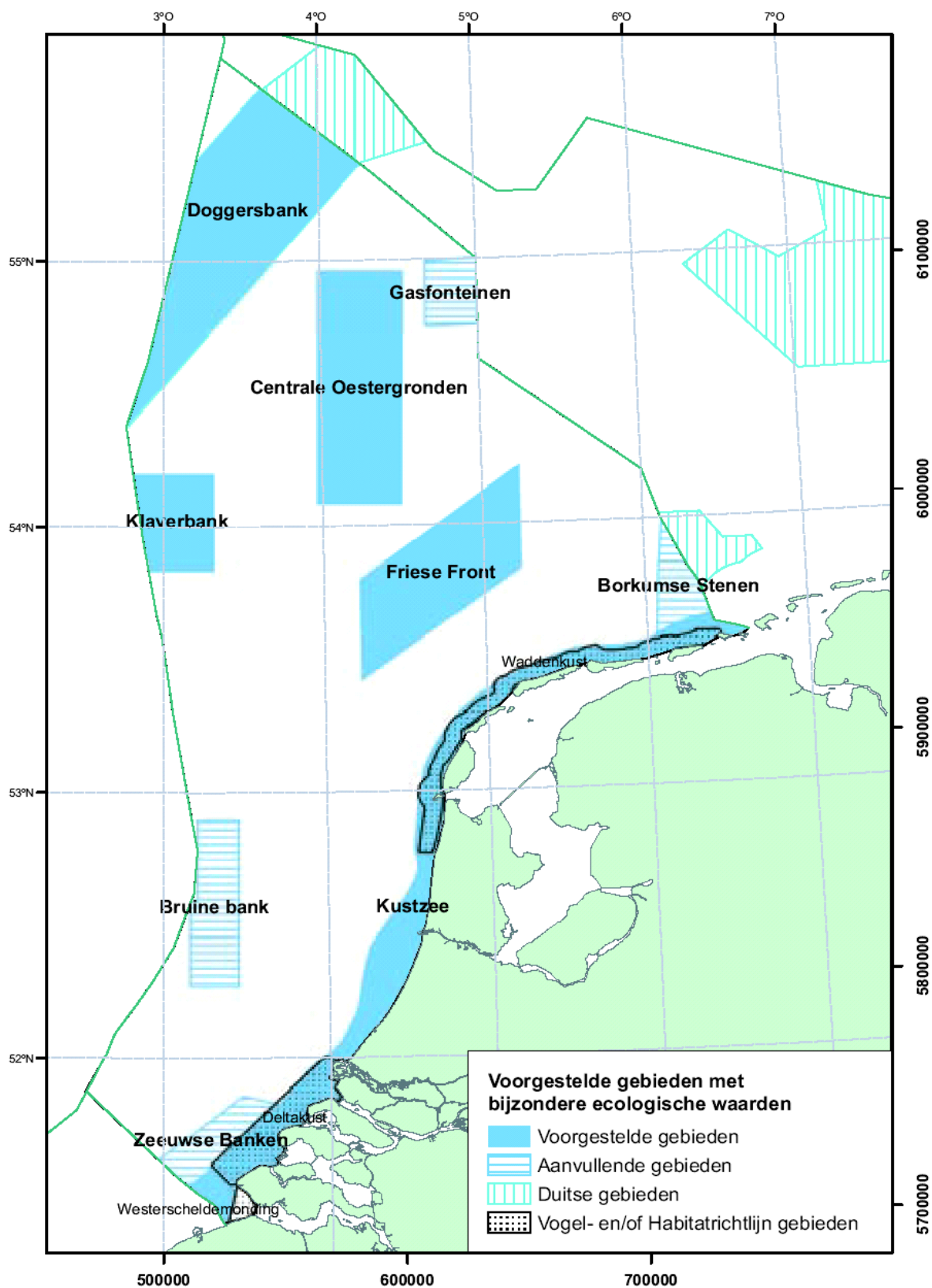
H:\10296_Norther\projecten



Q:\Arcadis\projecten\Projecten 10150-10499\102 ... \immi norther 6.IPR / 8/04/2011 / 16:25 - 1 -

Kaart 5.3.1: Geluidscontouren van het specifieke geluid van de cumulatieve situatie wanneer het North Sea Power windpark (worst case configuratie 2: 74 x 5-6 MW), het 'Belwind' windpark (110 turbines van 3MW), het 'C-Power' windpark (54 turbines van 5 à 6 MW) en het 'Eldepasco' windpark (72 turbines van 3 MW) in werking zullen zijn, boven water berekend met het IMMI 2010 overdrachtsmodel.

KAARTEN HOOFDSTUK 6



Kaart 6.1.1: Gebieden met bijzondere ecologische waarden op het NCP (Lindeboom *et al.*, 2005)

Kantoren		www.arcadisbelgium.be
Berchem-Antwerpen Citylink – Posthofbrug 12 B-2600 Berchem T +32 3 360 83 00 F +32 3 360 83 01	Hasselt Eurostraat 1 – bus 1 B-3500 Hasselt T +32 11 28 88 00 F +32 11 28 88 01	Gent Kortrijksesteenweg 302 B-9000 Gent T +32 9 242 44 44 F +32 9 242 44 45
Kortrijk Sint-Jorisstraat 21 B-8500 Kortrijk T +32 56 24 99 20 F +32 56 24 99 21	Leuven Vaartkom 31/8 B-3000 Leuven T +32 16 63 95 00 F +32 16 63 95 01	Haaltert Bruulstraat 35 B-9450 Haaltert T +32 53 85 35 50 F +32 53 85 35 51
Liège 26, rue des Guillemins, 2 ^{ème} étage B-4000 Liège T +32 4 349 56 00 F +32 4 349 56 10	Bastogne 6, rue Thier De Luzéry B-6600 Bastogne T +32 61 21 38 85 F +32 61 21 52 28	Charleroi 119, avenue de Philippeville B-6001 Charleroi T +32 71 298 900 F +32 71 298 901
ARCADIS Belgium nv BTW BE 0426.682.709 RPR BRUSSEL ING 320-0687053-72 IBAN BE 38 3200 6870 5372 SWIFT BIC BBRUBEBB		Maatschappelijke zetel Brussel Koningsstraat 80 B-1000 Brussel

